

**MODIFIKASI STRUKTUR METIL ESTER HASIL TRANSESTERIFIKASI
MINYAK KOPRA MENGGUNAKAN REAKSI OKSIDASI DENGAN
VARIASI KONSENTRASI KMnO_4**



Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana
Pada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN

Oleh:

M NURRUN QAIZUL MARDYAH
NIM: 60500112047

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurrun Qaizul Mardyah
NIM : 60500112047
Tempat/Tgl. Lahir : Bima, 21 Maret 1995
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Alamat : BTN Saumata Indah
Judul : Modifikasi Struktur Metil Ester dari Minyak Kopra
Menggunakan Reaksi Oksidasi Dengan Variasi
Konsentrasi KMnO_4

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau di buat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata-Gowa, 30 November 2016

Penyusun

Nurrun Qaizul Mardyah
60500112047

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Modifikasi Struktur Metil Ester Hasil Transesterifikasi Minyak Kopra Menggunakan Reaksi Oksidasi dengan Variasi Konsentrasi KMnO_4 ” yang disusun oleh Nurrun Qaizul Mardiyah, NIM : 60500112047, mahasiswa Jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Rabu, tanggal 30 November 2016 M, bertepatan dengan 30 Shafar 1438 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam Sains dan Teknologi, Jurusan Kimia (dengan beberapa perbaikan).

Samata-Gowa, 30 November 2016 M
30 Shafar 1438 H

DEWAN PENGUJI:

Ketua	: Dr. Hj. Wasilah, S.T., M.T	(.....)
Sekretaris	: H. Asri Saleh, S.T., M.Si	(.....)
Munaqisy I	: Sjamsiah, S.Si., M.Si., Ph.D	(.....)
Munaqisy II	: Syamsidar HS, S.T., M.Si	(.....)
Munaqisy III	: Dr. H. M. Sadik Sabry, M.Ag	(.....)
Pembimbing I	: Aisyah, S.Si., M.Si	(.....)
Pembimbing II	: Suriani, S.Si., M.Si	(.....)



Diketahui oleh:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar,

Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag
Nip. 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil ‘alamin, segala puji bagi Allah swt Tuhan semesta alam. Karena berkat, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Modifikasi Struktur Metil Ester Hasil Transesterifikasi Minyak Kopra Menggunakan Reaksi Pemaksapisahan Oksidatif dengan Variasi Konsentrasi KMnO_4 ”**. Tak lupa pula kita kirimkan shalawat dan salam atas junjungan Nabi Muhammad s.a.w, serta keluarga dan para sahabatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar. Skripsi ini dapat terwujud tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis, baik dalam bentuk tenaga, ide-ide, maupun motivasi. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta, yaitu Ayahanda Agussalim H. M. Arasy dan ibunda Suhada Abdullah, S.Pd atas do’a dan motivasinya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Musafir Pababbari, M. Si. selaku rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. H. Arifuddin, M. Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Sjamsiah S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.

4. Ibu Aisyah S.Si., M.Si dan Ibu Suriani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah menyediakan waktu dan memberi bantuan serta saran selama proses pengajuan judul sampai dengan selesainya pembuatan skripsi ini.
5. Ibu Sjamsiah S.Si., M.Si., Ph.D., Ibu Asriani Ilyas, S.Si., M.Si, dan Bapak Dr. H. Muh. Sadik Sabry, M.Ag selaku dosen penguji.
6. Segenap Bapak dan Ibu dosen serta staf Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
7. Segenap kakak laboran terkhusus untuk Kak Nuraini, S.Si yang selalu memberikan masukan, bimbingan dan saran selama penelitian.
8. Ibu Kartini, SP., laboran Kimia Organik UNHAS dan Bapak Usman selaku laboran di Laboratorium Forensik.
9. Terima kasih kepada Teman seperjuangan penelitian Rosdiyanti, Dian Rizky Awaliyah, Fisdayanti, Yuliana dan Dyah Wulandary Sulthan.
10. Terima kasih kepada semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan di dalam skripsi ini, oleh karena itu, kritik saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan-perbaikan ke depan. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya, Amin Ya Robbal ‘alamiin.

Penulis

Nurrun Qaizul Mardyah

60500112047

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv-v
DAFTAR ISI	vi-vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK.....	xi-xii
BAB I PENDAHULUAN	1-6
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7-26
A. Biodiesel	7
B. Standar Mutu Biodiesel	11
C. Minyak Kopra Sebagai Biodiesel.....	13
D. Reaksi Transesterifikasi.....	15
E. Modifikasi Biodiesel	16
1. Oksidasi tanpa pemaksaputusan	17
2. Oksidasi dengan pemaksaputusan.....	20

3. Pemaksaputusan KMnO_4	21
F. FTIR	24
G. GC-MS.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27-32
A. Waktu dan Tempat	27
B. Alat dan Bahan.....	27
1. Alat	27
2. Bahan	27
C. Prosedur Kerja.....	28
1. Penentuan Free Fatty Acid (FFA) Minyak Kopra.....	28
2. Sintesis Biodiesel melalui Reaksi Transesterifikasi	28
3. Modifikasi Biodiesel dengan Larutan KMnO_4	29
4. Karakterisasi Biodiesel	29
5. Identifikasi Biodiesel.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33-49
A. Hasil Penelitian	33
B. Pembahasan	38
BAB V PENUTUP	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51-53
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	54-87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel SNI-723 K/ 10/ DJE/ 2013	12
Tabel 2.2	Spesifikasi Persyaratan Mutu Kopra.....	14
Tabel 2.3	Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Kopra.....	15
Tabel 2.4	Reagen Untuk Oksidasi Alkena.....	16
Tabel 2.5	Serapan Khas pada Spektrum IR.....	25
Tabel 4.1	Persentase Rendamen Biodiesel.....	34
Tabel 4.2	Data Hasil Uji Terhadap Biodiesel	34
Tabel 4.3	Data Pengujian Terhadap Biodiesel Hasil Modifikasi.....	34
Tabel 4.4	Data Spektrum IR	35
Tabel 4.5	Komponen Utama Hasil Analisis GC-MS	36
Tabel 4.6	Pola Fragmentasi Komponen	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pohon Kelapa.....	13
Gambar 2.2	Reaksi Transesterifikasi	15
Gambar 2.3	Reaksi Epoksidasi dari Halohidrin.....	17
Gambar 2.4	Reaksi Epoksidasi Menggunakan Hidrogen Peroksida dengan Katalis Organik.....	18
Gambar 2.5	Epoksidasi Alkena dengan Peroksida Teraktivasi Bikarbonat dan Katalis Mn.....	18
Gambar 2.6	Reaksi Peroksi Asam Organik	19
Gambar 2.7	Reaksi Pembentukan 1,2-diol.....	19
Gambar 2.8	Reaksi Disubstitusi.....	20
Gambar 2.9	Reaksi Monosubstitusi	20
Gambar 2.10	Reaksi Monosubstitusi dan Disubstitusi.....	21
Gambar 2.11	Reaksi Oksidasi Kalium Permanganat pada Kondisi Heterogen.....	22
Gambar 2.12	Reaksi Oksidasi yang Menghasilkan Karbonil.....	22
Gambar 2.13	Reaksi Oksidasi Kinin dengan KMnO_4 dalam Suasana Asam.....	23
Gambar 4.1	Spektrum IR Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 2 %	44
Gambar 4.2	Struktur Senyawa Hasil Identifikasi GC-MS	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Prosedur Kerja	54
Lampiran 2 Prosedur Kerja Proses Transesterifikasi dan Modifikasi Biodiesel ...	55
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	57
Lampiran 4 Perhitungan	70
Lampiran 5 Gambar Spektrum FTIR Minyak Kopra dan Biodiesel Hasil Modifikasi.....	79
Lampiran 6 Gambar Spektrum Massa Tiap Komponen Minyak Kopra dan Biodiesel Hasil Modifikasi	82

ABSTRAK

Nama Penyusun : Nurrun Qaizul Mardyah
Nim : 60500112047
Judul Skripsi : Modifikasi Struktur Metil Ester Hasil Transesterifikasi Minyak
Kopra Menggunakan Reaksi Oksidasi Dengan Variasi
Konsentrasi KMnO_4

Telah dilakukan penelitian tentang modifikasi struktur metil ester pada biodiesel menggunakan reaksi oksidasi dengan KMnO_4 . Biodiesel adalah energi alternatif yang dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar fosil, namun memiliki densitas, viskositas dan titik nyala yang cukup tinggi sehingga perlu dimodifikasi. Modifikasi biodiesel bertujuan mengoksidasi ikatan rangkap pada biodiesel dan mengetahui komponen yang dihasilkan dari reaksi oksidasi tersebut, serta perubahan nilai densitas, viskositas dan titik nyala dari biodiesel yang dihasilkan. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu transesterifikasi triasilgliserida kemudian dioksidasi dengan KMnO_4 dalam kondisi asam. Hasil yang diperoleh dari oksidasi menggunakan KMnO_4 dengan variasi konsentrasi 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% secara berturut-turut adalah 80,91%; 76,97%; 87,00%; 78,31% dan 81,52%. Nilai densitas secara berturut-turut adalah 0,8689 gr/cm^3 , 0,8684 gr/cm^3 , 0,8756 gr/cm^3 , 0,8703 gr/cm^3 dan 0,8710 gr/cm^3 . Sedangkan nilai viskositas secara berturut-turut adalah 2,8986 dyn.s/cm^3 , 2,9603 dyn.s/cm^3 , 2,7506 dyn.s/cm^3 , 2,8822 dyn.s/cm^3 dan 2,6893 dyn.s/cm^3 . Titik nyala secara berturut-turut adalah 120°C, 100°C, 95°C, 86°C dan 70°C. Data-data spektrum dari IR dan GCMS menunjukkan bahwa komponen mayor diprediksi salah satunya adalah asam laurat dan diprediksi komponen minor adalah senyawa 9,10-epoksistearat.

Kata kunci: Modifikasi Biodiesel, Oksidasi KMnO_4 , Ultrasonik, FAME.

ABSTRAK

Nama Penyusun : Nurrun Qaizul Mardyah
Nim : 60500112047
Judul Skripsi : Modifikasi Struktur Metil Ester Hasil Transesterifikasi Minyak
Kopra Menggunakan Reaksi Oksidasi Dengan Variasi
Konsentrasi KMnO_4

Research on the structural modification of methyl esters in biodiesel using an oxidation reaction with KMnO_4 . Biodiesel is an alternative energy developed as a replacement for fossil fuels, but has a density, viscosity and flash point high enough to need to be modified. Modifications aimed biodiesel oxidizes the double bond in the biodiesel and identify the components produced from the oxidation reaction, as well as changes in the value of density, viscosity and flash point of biodiesel produced. The method used in this research is the transesterification triasilgliserida then oxidized with KMnO_4 in acidic conditions. The results obtained from using the oxidation of KMnO_4 with variations in concentration of 2%, 3%, 4%, 5% and 6% respectively was 80.91%; 76.97%; 87.00%; 78.31% and 81.52%. The density in a row is 0.8689 g/cm^3 , 0.8684 g/cm^3 , 0.8756 g/cm^3 , 0.8703 g/cm^3 and 0.8710 g/cm^3 . While the viscosity value in a row is $2.8986 \text{ dyn.s/cm}^3$, $2.9603 \text{ dyn.s/cm}^3$, $2.7506 \text{ dyn.s/cm}^3$, $2.8822 \text{ dyn.s/cm}^3$ and $2.6893 \text{ dyn.s/cm}^3$. Flash point respectively is 120°C , 100°C , 95°C , 86°C and 70°C . The data from the FTIR spectrum and GCMS showed that the predicted one major component is lauric acid and predicted the minor component is the compound 9,10-epoxistearat.

Keywords: Modification Biodiesel, KMnO_4 Oxidation, Ultrasonic, FAME.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan sewaktu-waktu dapat habis. Peranannya sebagai bahan baku utama penyuplai energi menyebabkan ketersediaan energi fosil di alam semakin berkurang, sedangkan kebutuhan akan energi semakin meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kebutuhan akan energi ini disebabkan oleh banyaknya permintaan konsumen dan tingginya angka pertambahan jumlah penduduk Indonesia.

Permasalahan tentang krisis energi ini menyebabkan keluarnya peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional yang membahas energi terbarukan (Menteri Hukum dan HAM RI, 2014: 2). Salah satu sumber energi terbarukan yang sedang dikembangkan di Indonesia adalah energi yang berasal dari tanaman. Indonesia yang memiliki kekayaan flora yang umumnya dimanfaatkan sebagai kebutuhan pokok dan sebagai obat-obatan, mulai mengeksplorasinya sebagai salah satu sumber energi.

Manfaat tumbuhan sebagai sumber energi dijelaskan dalam firman Allah swt pada Q.S Yāsin: 80 yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

Terjemahnya :

Yaitu Tuhan yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, maka tiba-tiba kamu menyalakan (api) dari kayu itu.

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa Allah yang menciptakan pohon ini dari air sejak semula hingga menjadi pohon hijau yang segar berbuah dan dapat dituai buahnya, kemudian Dia mengembalikannya hingga jadilah ia kayu yang kering dan dapat dijadikan sebagai kayu bakar. Dia Maha berbuat terhadap apa yang dikehendaki-Nya, lagi Mahakuasa terhadap apa yang diinginkan-Nya, tiada sesuatu pun yang dapat mencegah-Nya.

Sedangkan berdasarkan tafsir Al-Misbah ayat tersebut menyatakan bahwa yang menghidupkan kembali tulang belulang yang telah lapuk itu adalah Dia “*yang menjadikan untuk kamu dari kayu yang hijau, api, maka tiba-tiba kamu darinya*”, yakni dari kayu hijau yang mengandung air itu, senantiasa dapat menyalakan api. Pemahaman para ulama terhadap penafsiran tersebut adalah Allah menciptakan pohon yang hijau dan mengandung air, lalu Dia menjadikan kayu itu kering sehingga manusia dapat menjadikan kayu bakar bahan dapat memperoleh api dengan menggesek-gesekkannya (Shihab, 2009: 198).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa tumbuhan tidak hanya menghasilkan buah yang dapat dikonsumsi, tetapi juga memiliki batang yang apabila telah mengering dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Masyarakat kerap memanfaatkan kayu kering ini sebagai kayu bakar, itulah yang dimaksudkan pada terjemahan ayat bahwa kayu menghasilkan api. Terdapat berbagai macam tanaman yang memiliki potensi seperti yang dijelaskan pada ayat tersebut, contohnya adalah kelapa.

Kelapa adalah salah satu tumbuhan yang memiliki banyak manfaat, tidak hanya pada buah, tetapi juga pada batang dan daunnya. Eksplorasi manfaat tumbuhan kelapa ini antaranya batang yang dapat dijadikan kayu meja, tulang daun yang bisa menjadi sapu lidi serta buah kelapa yang biasa dikonsumsi secara langsung maupun menjadi bahan baku pembuatan kue. Buah kelapa juga dapat dimanfaatkan

sebagai penghasil minyak, karena itulah yang menyebabkan kelapa berperan sebagai penghasil minyak terbesar di Indonesia. Minyak kelapa secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu minyak yang diperoleh dari daging kelapa segar dan yang diperoleh dari daging kelapa yang dikeringkan terlebih dahulu atau yang dikenal dengan kopra. Minyak yang berasal dari kopra memiliki kandungan minyak sebanyak 63% - 65% dengan asam lemak bebas maksimal 5% (Astria dan Afrilia, 2015: 6).

Kandungan minyak yang cukup tinggi dengan asam lemak bebas yang rendah ini membuat minyak kopra memenuhi syarat sebagai bahan baku pembuatan energi alternatif dalam bentuk biodiesel (seperti yang telah dilakukan oleh Astria dan Afrilia (2015) yaitu melakukan metanolisis pada minyak kopra untuk memproduksi biodiesel dengan hasil kadar *fatty acid methyl ester* (FAME) sebesar 99,08%). Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel pengganti solar yang terdiri dari mono alkil ester yang diperoleh dari rantai panjang suatu asam lemak. Biodiesel dapat dihasilkan melalui reaksi esterifikasi antara asam lemak bebas dan alkohol ataupun melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan alkohol dengan bantuan katalis asam maupun basa (Anggraini, 2013: 179). Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar diesel lainnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Meher dkk, kelebihan dari biodiesel yaitu dapat mengurangi emisi gas beracun seperti CO, HC, NO dan SO, merawat mesin serta mengurangi senyawa karsinogenik (Aunillah dan Pranowo, 2012: 193-194).

Walaupun demikian, biodiesel sebagai bahan bakar alternatif dari minyak nabati memiliki beberapa kelemahan atau kekurangan. Pada suhu rendah biodiesel dapat membeku karena angka awan yang dimilikinya rendah, sehingga penggunaan biodiesel di negara-negara yang memiliki musim dingin kurang diminati (Setiawan,

2008: 01). Berdasarkan SNI 04-7182-2006, biodiesel harus memiliki angka awan atau titik kabut maksimal 18°C , yang artinya jika biodiesel berada pada suhu dibawah 18°C , maka biodiesel akan membeku. Oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi biodiesel agar tidak mudah membeku pada suhu rendah dan ketika digunakan menghasilkan emisi yang lebih ramah lingkungan.

Modifikasi biodiesel dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara fisik dan secara kimia. Modifikasi fisik dapat dilakukan dengan cara pencampuran biodiesel dan zat aditif maupun solar. Proses pencampuran biodiesel dengan zat aditif maupun solar ini dikenal dengan metode *blending*. Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *blending* yaitu seperti yang dilakukan Nurul dkk (2014) yang mencampurkan biodiesel dan solar dengan tujuan untuk menurunkan emisi pembakaran dengan rasio pencampuran 0, 5, 10, 20 dan 25% solar.

Penelitian serupa telah dilakukan oleh Putra (2014) yaitu mencampurkan biodiesel dengan zat aditif untuk memaksimalkan kinerja biodiesel dengan hasil 14,051% penghematan biodiesel namun kinerja tetap maksimal. Sedangkan Putra (2008) menurunkan angka awan biodiesel dengan mencampurkannya dengan aditif asam lemak bercabang. Aditif asam lemak yang digunakan adalah aditif metil asetil risinoleat 5% dan berhasil menurunkan angka awan biodiesel sebesar $5,5^{\circ}\text{C}$.

Modifikasi biodiesel secara fisik telah berkembang dengan pesat sedangkan modifikasi secara kimia pada struktur ester asam lemak sendiri belum begitu berkembang. Struktur biodiesel pada rantai asam lemaknya memiliki ikatan rangkap ($\text{C}=\text{C}$ alkena) dan cenderung berantai panjang. Hal ini menyebabkan biodiesel memiliki viskositas, angka awan dan densitas yang tinggi. Beberapa cara untuk mengurangi hal tersebut diantaranya pembentukan cabang asetil pada rantai alifatik biodiesel, Setiawan (2008) melakukan asetilasi pada komponen asam lemak tak

jenuh pada biodiesel dan menghasilkan senyawa adalah 9,10-diasetil-metil stearat yang mampu menurunkan angka awan dari biodiesel (Setiawan, 2008: 1).

Cara lain yang dilakukan adalah pemutusan ikatan rangkap melalui reaksi oksidasi. Oksidasi tanpa pemaksapisahan akan mengasilkan senyawa diol, sedangkan oksidasi dengan pemaksapisahan akan menghasilkan komponen lain seperti aldehid, keton ataupun asam karboksilat. Oksidator yang digunakan pada reaksi pemaksapisahan adalah oksidator kuat seperti KMnO_4 (Shaabani dan Lee, 2001: 5833).

KMnO_4 sebagai oksidator pada reaksi modifikasi struktur biodiesel ini dipilih karena KMnO_4 lebih terjangkau dan mudah diperoleh dibandingkan dengan oksidator lain seperti OsO_4 , SeO_2 dan O_3 . KMnO_4 dengan konsentrasi yang tepat mampu memutus ikatan rangkap dari suatu senyawa alkena yang terdapat pada biodiesel. Nurlina (2014) telah melakukan oksidasi pada biodiesel menggunakan KMnO_4 3%, namun tidak mampu memutus ikatan rangkap alkena, hal itu diasumsikan karena konsentrasi KMnO_4 yang rendah.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4) yang dapat mengoksidasi ikatan rangkap biodiesel dari minyak kopra (*Copra Oil*)?
2. Bagaimana karakter fisik dari biodiesel hasil modifikasi?
3. Komponen apa yang dihasilkan dari proses modifikasi menggunakan kalium permanganat (KMnO_4)?

C. Tujuan Penelitian

1. Menentukan konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4) yang mampu mengoksidasi ikatan rangkap biodiesel dari minyak kopra (*Copra Oil*).
2. Menentukan karakter fisik dari biodiesel hasil modifikasi.
3. Mengetahui komponen yang dihasilkan dari proses modifikasi menggunakan kalium permanganat (KMnO_4).

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi bahwa metode modifikasi biodiesel dari minyak kelapa kopra (*Cocos nucifera* L.) melalui reaksi oksidasi juga efektif menghasilkan komponen baru.
2. Sebagai bahan referensi bagi para peneliti yang ingin melakukan penelitian yang lebih lanjut atau ingin meneliti di bidang yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biodiesel

Krisis energi dalam negeri mendorong Presiden Republik Indonesia mengeluarkan kebijakan berupa Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dan Instruksi Presiden No.1 tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar alternatif. Hal ini disebabkan pula oleh tren penggunaan energi di Indonesia sejak tahun 2001 yang masih bergantung pada bahan bakar fosil.

Selain itu, kebijakan baru pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional pada Bab I, pasal 1 ayat 6 mengatakan bahwa “sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut” menjadi salah satu landasan utama untuk mengembangkan sumber daya alam sebagai energi. Kata “bioenergi” dalam hal ini mengacu pada energi yang berasal dari bahan bakar nabati.

Bahan bakar nabati diperoleh dari tumbuhan yang memiliki potensi sebagai penghasil energi walaupun pada dasarnya tumbuhan dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan papan. Berbagai macam tumbuhan yang telah diciptakan Allah swt dimuka bumi ini untuk dimanfaatkan, seperti yang dijelaskan dalam QS Thāhā/20: 53 yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً
فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى ﴿٦٥﴾

Terjemahnya :

Yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit. Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan.

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa menurut qiraat sebagian ulama, disebutkan *mahdan* (bukan mihadan) yang artinya tempat menetap bagi kalian, kalian dapat berdiri, tidur dan bepergian di permukaannya. Dia telah menjadikan bagi kalian jalan-jalan agar kalian dapat berjalan disegala penjurunya. Berbagai macam tetumbuhan berupa tanam-tanaman dan buah-buahan, ada yang rasanya masam, ada yang manis dan ada yang pahit, serta berbagai jenis lainnya dari hasil tanam-tanaman dan buah-buahan.

Sedangkan berdasarkan tafsir Al-Misbah ayat diatas menyatakan bahwa Dia, yakni Allah, yang telah menjadikan bagi kamu, wahai Fir'aun dan seluruh manusia, sebagian besar bumi sebagai hamparan dan menjadikan sebagian kecil lainnya gunung-gunung untuk menjaga kestabilan bumi dan Dia. Yakni Tuhan itu juga, yang telah menjadikan bagi kamu di bumi itu jalan-jalan yang mudah kamu tempuh, dan menurunkan dari langit air, yakni hujan, sehingga tercipta sungai-sungai dan danau, maka kami tumbuhkan dengannya, yakni dengan perantara hujan itu, berjenis-jenis tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam jenis, bentuk, rasa, warna dan manfaatnya (Shihab, 2009: 604-605).

Ayat di atas menjelaskan bahwa di bumi ini telah ditumbuhkan tanaman yang bermacam-macam. Selain itu dijelaskan adanya buah-buahan yang dihasilkan oleh tanaman tersebut. Setiap jenis tanaman tersebut memiliki bentuk, rasa dan manfaat yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan manusia. Ada yang mengkonsumsi secara langsung hasil dari tanaman tersebut, bahkan ada pula yang menjadikannya sebagai bahan obat-obatan. Pemanfaatan sebagai obat ini dikarenakan oleh komponen yang dimiliki oleh buah tersebut, seperti yang dijelaskan dalam QS Al-Mu'minūn/23: 20 yang berbunyi:

وَشَجَرَةً تَخْرُجُ مِنْ طُورِ سَيْنَاءَ تَنْبُتُ بِالدُّهْنِ وَصِبْغٍ لِلْأَكْلِينَ ﴿٢٠﴾

Terjemahnya:

Dan pohon kayu keluar dari Thursina (pohon zaitun), yang menghasilkan minyak, dan pemakan makanan bagi orang-orang yang makan.

Menurut tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa sebagian ulama mengatakan huruf *ba* yang terdapat dalam lafaz {بِالدُّهْنِ تَنْبُتُ} adalah *zaidah*, bentuk aslinya ialah *tunbutudduhna* (tanpa memakai *ba*). Seperti halnya yang terdapat dalam ucapan orang-orang Arab, “*Alqa Fulanun Biyadihi*” artinya si Fulan memukulkan tangannya, yakni *yadahu* (tanpa memakai *ba*). Sedangkan menurut pendapat ulama yang mengatakan bahwa ia mengandung *fi’il* yang tidak disebutkan, maka bentuk lengkapnya ialah yang menghasilkan minyak. Karena itulah dalam firman selanjutnya disebutkan {لِلْأَكْلِينَ وَصِبْغٍ} yakni dapat dijadikan lauk pauk, menurut Qatadah. Dengan kata lain, buah zaitun itu mengandung manfaat, darinya dapat dihasilkan minyak dan juga dapat dijadikan lezat makanan.

Sedangkan menurut tafsir Al-Misbah, ayat ini menunjukkan bahwa pohon zaitun termasuk salah satu karunia Allah yang sangat besar. Hal itu adalah karena zaitun merupakan jenis pohon kayu yang berumur ratusan tahun.. Kelebihan pohon zaitun lainnya adalah warnanya yang selalu hijau dan indah. Selain itu, penelitian

mutakhir membuktikan bahwa zaitun merupakan bahan makanan yang sangat baik yang mengandung kadar protein cukup tinggi. Zaitun juga mengandung zat garam, zat besi dan fosforus yang merupakan bahan makanan terpenting bagi manusia. Lebih dari itu, zaitun mengandung vitamin A dan B. Dari buah zaitun dapat dihasilkan minyak yang pada umumnya juga digunakan sebagai bahan makanan.. Mutu minyak zaitun juga melebihi minyak-minyak lainnya, baik minyak nabati maupun minyak hewani, karena tidak mempunyai efek yang dapat menimbulkan penyakit pada peredaran dan pembuluh darah arteri seperti yang terdapat pada jenis minyak lainnya (Shihab, 2009: 805).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa buah zaitun mengandung minyak. Minyak dari zaitun inilah yang biasa dimanfaatkan sebagai obat oleh masyarakat. Manfaat dari minyak zaitun ini sangat beragam, mulai dari meringankan depresi, menurunkan tekanan darah hingga mencegah kanker. Seperti halnya minyak nabati lainnya, komponen utama dari minyak zaitun ini adalah suatu senyawa trigliserida dengan karbon alifatik rantai panjang.

Komponen trigliserida yang dimiliki oleh minyak nabati ini memiliki kesamaan dengan komponen penyusun minyak dari solar yang diperoleh dari bahan bakar fosil. Adanya kesamaan struktur ini memungkinkan untuk memproduksi minyak dari bahan nabati. Salah satu aplikasinya adalah dengan memproduksi biodiesel.

Biodiesel atau alkil ester adalah bahan bakar pengganti solar yang diperoleh dari reaksi antara asam lemak dengan alkohol, dimana reaksi ini dikenal dengan reaksi transesterifikasi. Biodiesel dari reaksi transesterifikasi asam lemak ini akan lebih mudah terurai kembali di alam sehingga lebih ramah lingkungan (Siswahyu, 2013: 24). Hal ini disebabkan karena biodiesel yang dihasilkan memiliki sifat

mampu mengurangi emisi gas karbon dioksida (CO_2) di udara, nontoksik dan *biodegradable* (Putra, 2008: 1).

Menurut Tim Departemen Teknologi Pertanian yang dikutip oleh Syamsidar (2013: 212-213), biodiesel memiliki beberapa kelebihan antara lain:

1. Angka setana lebih tinggi (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibanding dengan minyak solar.
2. Bahan baku pembuatan biodiesel adalah tumbuhan yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui.
3. Tidak menghasilkan gas sulfur.
4. Aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung racun.
5. Meningkatkan nilai produk pertanian Indonesia.

B. Standar mutu biodiesel

Manfaat biodiesel sebagai energi alternatif menarik perhatian pemerintah Indonesia, sehingga perlu menetapkan standar mutu pada proses produksi biodiesel. Berdasarkan standar mutu biodiesel yang berlaku di luar negeri antara lain ASTM D6751 di Negara bagian Amerika Serikat dan EN 14214:2002 (E) di negara bagian Uni Eropa, maka dirangkumkan standar mutu untuk SNI dengan memperhatikan keberadaan bahan baku lainnya (Badan Standarisasi Nasional, 2006). Dirjen Energi tumbuhan mengeluarkan beberapa parameter yang menjadi standar mutu biodiesel yang diberlakukan sejak 02 Mei 2013 yang mengacu pada SNI nomor 723 K/ 10/ DJE/ 2013. Adapun data standar biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel SNI– 723 K/ 10/ DJE/ 2013

No.	Parameter	Persyaratan	Satuan Min/Maks
1	Massa jenis pada 40°C	850 - 890	Kg/m ³
2	Viskositas kinematik pada 40°C	2,3 - 6,0	mm ² /s (cSt)
3	Angka setana	51	Min
4	Titik nyala (mangkuk tertutup)	100	°C, min
5	Titik kabut	18	°C, maks
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)	Nomor 1	
7	Residu karbon : -dalam percontohan asli atau - dalam 10% ampas destilasi	-0,05 -0,3	%-massa, Maks
8	Air dan sedimen	0,05	%-vol., maks
9	Temperature destilasi 90%	360	°C, maks
10	Abu tersulfaktan	0,02	%-massa, maks
11	Belarang	100	mg/Kg, maks
12	Fosfor	10	mg/Kg, maks
13	Angka asam	0,6	mg-KOH/ g, maks
14	Gliserol bebas	0,02	%-massa, maks
15	Gliserol total	0,24	%-massa, maks
16	Kadar ester metil	96,5	%-massa, min
17	Angka iodium	115	%-massa (g-I ₂ /100 g) , maks

Parameter dari standar mutu biodiesel tersebut dapat dipenuhi jika minyak nabati yang digunakan memiliki komponen yang sesuai karena komposisi dari minyak nabati dapat menentukan karakteristik dari biodiesel (Siswahyu dan Tri Yuni, 2013: 26). Selain itu, kandungan asam lemak bebas pada minyak nabati harus rendah karena dapat mempengaruhi kualitas dari biodiesel yang akan diproduksi. Semakin tinggi asam lemak bebas yang dikandung oleh suatu minyak nabati maka biodiesel yang dihasilkan akan semakin mudah rusak dan tidak bisa digunakan pada pemanasan suhu tinggi (Hutami, 2012: 1). Beberapa sumber minyak nabati yang memenuhi syarat tersebut seperti minyak kelapa sawit, minyak wijen dan minyak kelapa.

C. Minyak kopra sebagai biodiesel

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan salah satu jenis tanaman tropis dengan kegunaan yang sangat beragam. Masyarakat sudah akrab dengan penggunaan bagian dari pohon kelapa, tidak hanya dari buahnya yang bisa dikonsumsi langsung atau diolah sebagai bahan baku makanan, melainkan juga bagian tanaman kelapa yang lain misalnya batang dan daun kelapa. Klasifikasi tumbuhan kelapa adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Sub-Divisi	: Angiospermae (Berbiji tertutup)
Kelas	: Monocotyledonae (berkeping satu / monokotil)
Ordo	: Palmales
Famili	: Palmae
Genus	: <i>Cocos</i>
Spesies	: <i>Cocos nucifera</i> L.

(Warisno, 2003: 15).



Gambar 2.1: Pohon Kelapa

Pemanfaatan buah kelapa sangat beragam. Pada pengolahannya, daging dari buah kelapa bisa langsung diolah, namun ada pula yang mengeringkannya terlebih dahulu sebelum diproses. Daging kelapa yang telah dikeringkan ini disebut kopra. Proses pengolahan kopra yaitu penguapan atau penghilangan kadar air dari daging buah kelapa. Kadar air dalam daging kelapa segar adalah berkisar 50% dan akan berkurang hingga 5-7% saat setelah dikeringkan menjadi kopra. Standar mutu kopra di Indonesia adalah kadar air maksimum 5%, kadar minyak minimum 65%, asam lemak bebas maksimum 5%, serat maksimum 8% dan tidak mengandung jamur (Tambing, 2012: 2). Syarat mutu minyak kopra dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Spesifikasi Persyaratan Mutu Kopra

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Mutu			
			A		B	C
			I	II		
1	Kadar air (b/b) maks	%	5	5	8	12
2	Kadar minyak (b/b) min	%	65	60	55	50
3	Kadar asam lemak bebas dalam minyak (asam laurat) (b/b) maks	%	2	2	3	4
4	Benda asing (b/b) maks	%	0	1	1	1
5	Bagian berkapang (b/b) maks	%	2	2	3	3

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) Kopra

Secara tradisional kopra dapat diolah menjadi minyak kelapa. Minyak kelapa secara tidak langsung dikelompokkan menjadi minyak asam laurat, karena berdasarkan komposisi yang terkandung dalam minyak kelapa, asam lemak yang paling banyak adalah asam laurat. Minyak kelapa dapat dimasukkan ke dalam golongan *non drying oils*, karena bilangan iod minyak tersebut berkisar antara 7,5- 10,5 (Cristianti, 2009: 11).

Komposisi asam lemak dalam minyak kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3:Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa

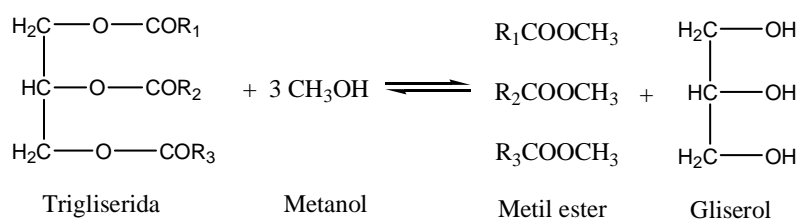
Asam Lemak	Rumus Kimia	Jumlah (%)
Asam Lemak Jenuh:		
Asam Kaproat	$C_5H_{11}COOH$	0,0 – 0,8
Asam Kaprilat	$C_7H_{17}COOH$	5,5 – 9,5
Asam Kaprat	$C_9H_{19}COOH$	4,5 – 9,5
Asam Laurat	$C_{11}H_{23}COOH$	44,0 – 52,0
Asam Miristat	$C_{13}H_{27}COOH$	13,0 – 19,0
Asam Palmitat	$C_{15}H_{31}COOH$	7,5 – 10,5
Asam Stearat	$C_{17}H_{35}COOH$	1,0 – 3,0
Asam Arachidat	$C_{19}H_{39}COOH$	0,0 – 0,4
Asam Lemak Tidak Jenuh :		
Asam Palmitoleat	$C_{15}H_{29}COOH$	0,0 – 1,3
Asam Oleat	$C_{17}H_{33}COOH$	5,0 – 8,0
Asam Linoleat	$C_{17}H_{31}COOH$	1,5 - 2,5

Sumber: Thieme, J.G (1968)

Berdasarkan kandungan asam lemak tersebut, maka minyak yang dihasilkan dari kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biodiesel dibuat dengan melakukan reaksi transesterifikasi antara asam lemak dengan senyawa alkohol dengan katalis basa.

D. Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang terjadi pada senyawa ester dengan gugus fungsi jamak, salah satu contohnya yaitu triasilgliserida yang diperoleh dari sumber nabati maupun hewani. Reaksi yang terjadi antara lemak dengan basa-alkohol ini akan menghasilkan alkil asam lemak yang kemudian digunakan sebagai biodiesel (Sitorus, 2010: 131).



Gambar 2.2: Reaksi Transesterifikasi

Senyawa alkohol yang bisa digunakan pada reaksi transesterifikasi antara lain metanol, etanol, propanol dan butanol. Namun yang paling sering digunakan adalah metanol, karena memiliki struktur yang lebih sederhana sehingga tidak terlalu mempengaruhi struktur biodiesel terutama pada perpanjangan rantai dan peningkatan densitas serta viskositas biodiesel. Pemilihan alkohol pada pembentukan biodiesel harus sesuai dengan karakteristik dari minyak nabati yang akan digunakan (Diwani dan Rafie, 2008: 391).

E. Modifikasi Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan dari reaksi minyak nabati memiliki rantai panjang sehingga menyebabkan densitas dan viskositas dari biodiesel tinggi. Jika nilai densitas dan viskositasnya tinggi, maka akan menyebabkan biodiesel menjadi lebih kental. Oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi pada biodiesel yang diperoleh. Modifikasi struktur metil ester difokuskan pada rantai alkena yang dimilikinya. Modifikasi ini menggunakan reaksi oksidasi. Oksidasi pada alkena dapat merubah alkena menjadi epoksida (Rohmawati, 2013: 2) dan diol jika menggunakan kalium permanganat (KMnO_4) dalam keadaan netral (Dash dkk, 2009: 708). Adapun senyawa yang mampu mengoksidasi alkena dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Reagen Untuk Oksidasi Alkena

Reagensia	Produk
Oksidasi tanpa pemaksapisahan	
KMnO_4 dengan OH^- (dingin)	1,2-diol
OsO_4 diikuti dengan Na_2SO_3	1,2-diol
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_3\text{H}$	Epoksida
Oksidasi dengan pemaksapisahan	
KMnO_4 (panas)	Asam karboksilat dan keton
O_3 diikuti oleh H_2O_2 dengan H^+	Asam karboksilat dan keton
O_3 diikuti oleh Zn dengan H^+	Aldehida dan keton

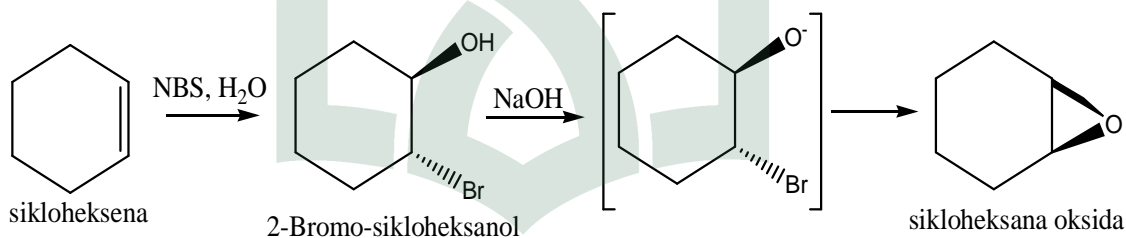
Sumber: Fessenden, Organic Chemistry Third Edition, 1982: 415.

Oksidasi secara umum dapat dibagi menjadi dua, yaitu oksidasi dengan reaksi pemaksapisahan dan tanpa reaksi pemaksapisahan, yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Oksidasi tanpa pemaksapisahan

a. Epoksidasi dari halohidrin

Reaksi ini akan menghasilkan epoksidasi melalui oksidasi pada hasil reaksi antara alkena dan asam hapohalida. Reaksi ini mula-mula akan menghasilkan senyawa trans halohidrin, kemudian jika senyawa ini dioksidasi dengan menggunakan oksida alkali, maka akan terjadi pelepasan senyawa halida pada struktur trans halohidrin dan penambahan muatan elektron pada oksigen secara bersamaan, sehingga terbentuklah senyawa epoksi pada hasil akhir dari reaksi tersebut (Sastrohamidjojo dan Pranowo, 2009: 95).

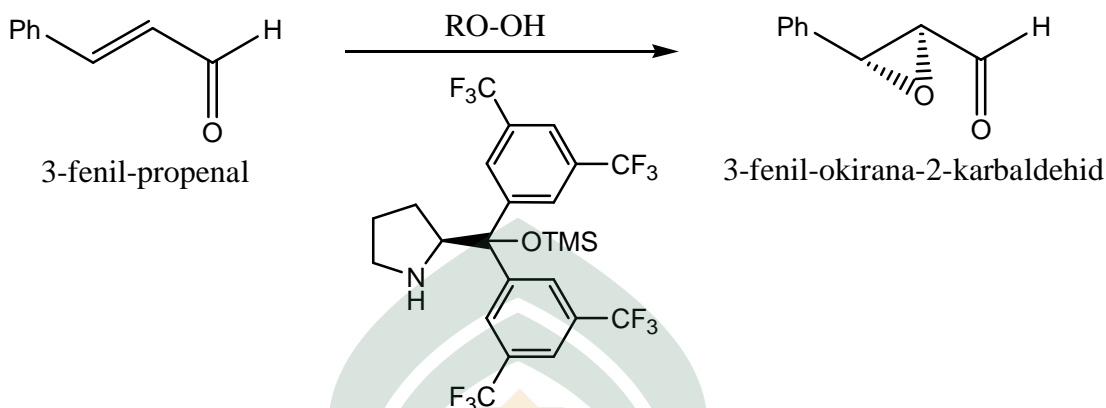


Gambar 2.3: Reaksi Epoksidasi dari halohidrin

b. Epoksidasi menggunakan peroksida

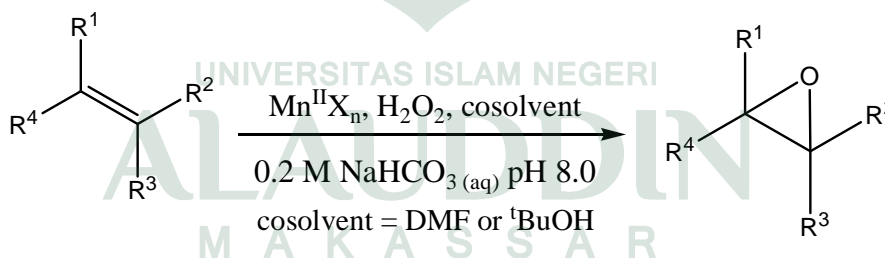
Epoksida merupakan senyawa hidroksi asimetris yang terbentuk dari suatu gugus ester siklik yang mengalami dekomposisi. Salah satu reaksi yang dapat membentuk senyawa epoksi adalah dengan menggunakan oksidator hidrogen peroksida. Reaksi pembentukan epoksi dengan oksidator ini memerlukan bantuan katalis, baik katalis anorganik maupun katalis organik. Salah satu contoh katalis yang digunakan adalah senyawa 2-[bis-(3,5-bistrifluorometil-fenil)-trimetilsilaniloksi-metil]-pirolidin. Senyawa yang dioksidasi oleh hidrogen peroksida dengan

menggunakan katalis tersebut adalah senyawa aldehid tak jenuh- α,β (Rohmawati, 2013: 2-3).



Gambar 2.4: Reaksi Epoksidasi menggunakan hidrogen peroksida dengan katalis organik 2-[bis-(3,5-bistrifluorometil-fenil)-trimetilsilaniloksi-metil]-pirolidin

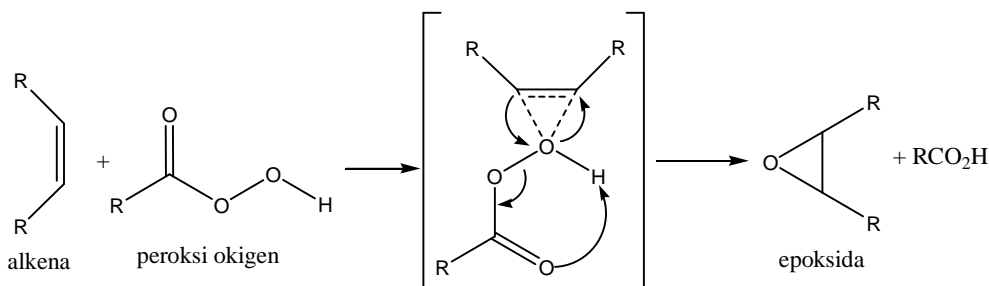
Penelitian lain yang dilakukan oleh Richardson (2000), menemukan bahwa peroksida dapat pula diaktifasi sebelum digunakan, yaitu menggunakan bikarbonat. Peroksida teraktifasi bikarbonat ini digunakan untuk mengoksidasi senyawa alkena (Rohmawati, 2013: 5).



Gambar 2.5: Epoksidasi alkena dengan peroksida teraktifasi bikarbonat dan katalis Mn

c. Peroksi asam organik

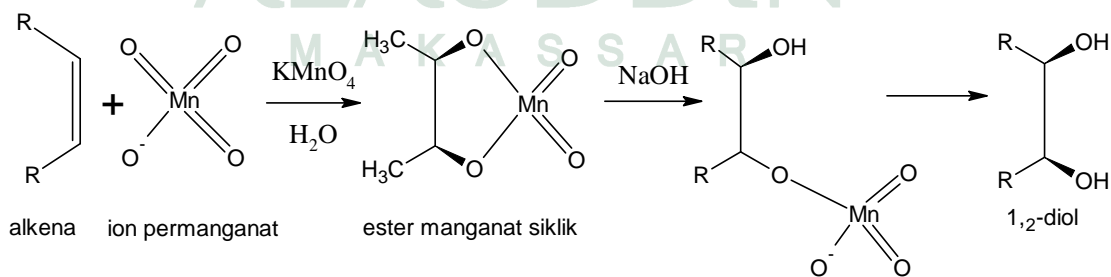
Salah satu contoh reaksi ini adalah reaksi yang berlangsung berdasarkan reaksi penggabungan antara alkena dan elektrofilik peroksi oksigen yang akan membentuk koordinasi, kemudian menjadi pelepasan asam karboksilat dan membentuk epoksida (Sastrohamidjojo dan Pranowo, 2009: 96).



Gambar 2.6: Reaksi Peroksi Asam Organik

d. Oksidasi dengan $KMnO_4$

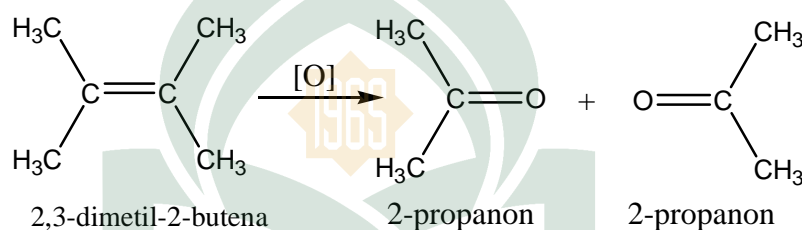
Konversi alkena menjadi diol dikenal sebagai reaksi oksidasi tanpa pemaksapisahan. Reaksi pembentukan diol ini terjadi karena adanya pemutusan ikatan rangkap oleh pereaksi mangan ataupun osmium pada alkena. Apabila mangan ataupun osmium tersebut dalam bentuk senyawa dipolar, maka kedua oksigen yang berada diujungnya akan berikatan dengan alkena pada ikatan π nya dan menghasilkan senyawa diol (Sastrohamidjojo dan Pranowo, 2009: 107). Reaksi oksidasi alkena oleh ion permanganat pada umumnya terjadi pada kondisi transisi, termasuk reaksi pembentukan senyawa diol. Namun, produk yang dihasilkan akan berbeda, tergantung reaksi pada pusat keadaan transisi yang terjadi (Dash, 2009: 712).



Gambar 2.7: Contoh pembentukan 1,2-diol melalui oksidasi dengan kalium Permanganat

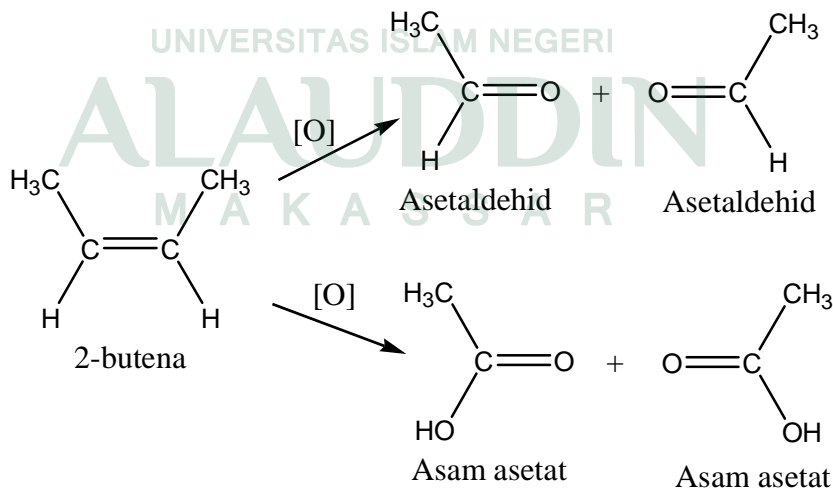
2. Oksidasi dengan pemaksapisahan

Kondisi oksidasi dan struktur dari alkena adalah dua hal yang akan mempengaruhi hasil dari reaksi oksidasi dengan pemaksapisahan. Keberadaan atom hidrogen pada karbon sp^2 merupakan kondisi struktur alkena yang akan menentukan produk reaksi ini. Jika tiap karbon pada alkena terdisubstitusi atau tidak berikatan dengan atom hidrogen, maka produk dari reaksi pemaksapisahan ini adalah dua molekul keton (Fessenden, 1982: 417).



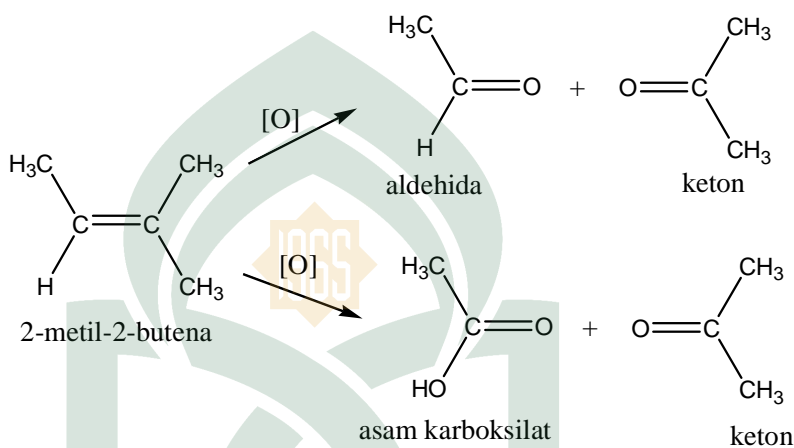
Gambar 2.8: Reaksi disubstitusi

Sebaliknya, jika kedua sisi karbon alkena berikatan dengan atom hidrogen, maka produk yang dihasilkan adalah dua molekul asam karboksilat (Fessenden, 1982: 417).



Gambar 2.9: Reaksi monosubstitusi

Kondisi oksidasi yang lain adalah jika hanya salah satu dari karbon alkena yang berikatan dengan atom hidrogen, maka reaksi tersebut akan menghasilkan dua molekul yang berbeda yaitu molekul keton pada sisi karbon yang tak mengikat hidrogen dan molekul aldehid atau molekul asam karboksilat pada sisi karbon yang berikatan dengan hidrogen (Fessenden, 1982: 417).

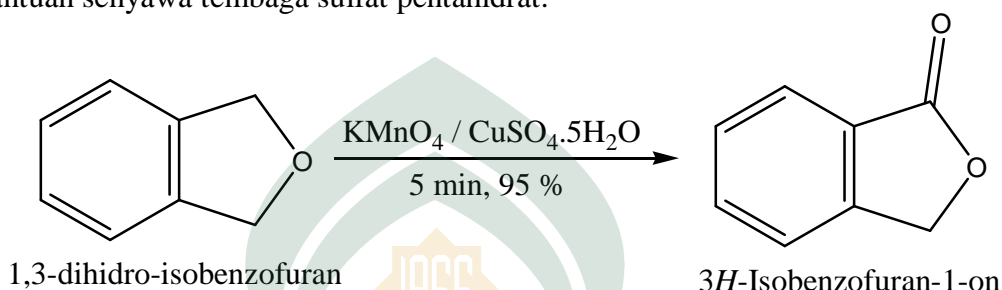


Gambar 2.10: Reaksi monosubstitusi dan disubstitusi

3. Pemaksapisahan KMnO_4

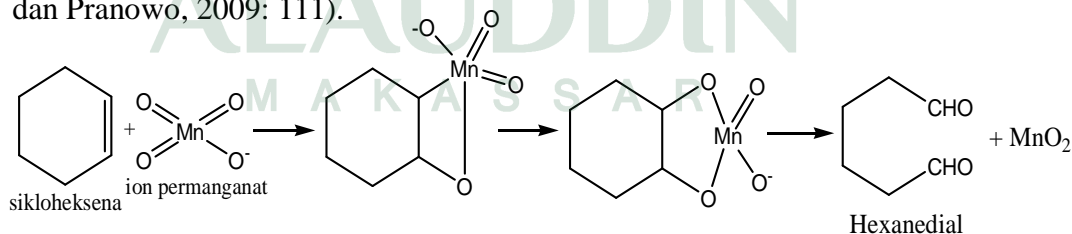
Reaksi oksidasi kimia pada umumnya telah banyak digambarkan dengan menggunakan berbagai macam ion logam dalam bentuk uni-atom sebagai oksidator, contohnya adalah Ag(I) , Fe(III) , Ce(IV) , Cr(VI) dan Mn(VII) . Oksidasi menggunakan kalium permanganat (dengan melibatkan Mn(VII)) adalah oksidasi paling dikenal, karena kalium permanganat digunakan hampir pada semua reaksi oksidasi senyawa organik maupun anorganik dan mampu mengoksidasi berbagai macam gugus fungsi. Selain itu, oksidator ini dapat bereaksi pada media homogen maupun heterogen dengan menghasilkan produk yang cukup stabil (Dash, 2009: 708).

Pengkajian yang dilakukan oleh Shaabani dan Lee (2001) juga menunjukkan bahwa kalium permanganat dapat mengoksidasi suatu senyawa siklik menghasilkan senyawa yang identik dengan reaktannya, namun memiliki gugus keton pada posisi α . Reaksi ini terjadi pada keadaan heterogen dengan bantuan senyawa tembaga sulfat pentahidrat.



Gambar 2.11: Contoh reaksi oksidasi kalium permanganat pada kondisi heterogen

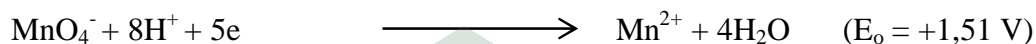
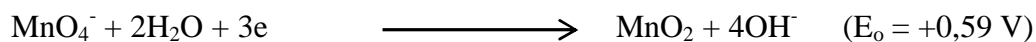
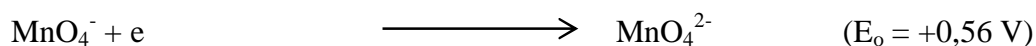
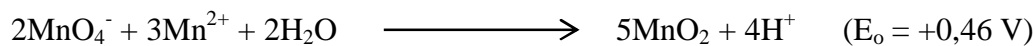
Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwasanya oksidasi alkena menggunakan kalium permanganat dalam keadaan netral akan menghasilkan senyawa diol. Namun, apabila dalam kondisi berbeda, tentu akan menghasilkan senyawa yang berbeda pula. Oksidasi alkena dengan kalium permanganat pekat dalam keadaan asam ditambah dengan bantuan pemanasan, akan memberikan hasil senyawa karbonil dengan memutus ikatan rangkap alkena (Sastrohamidjojo dan Pranowo, 2009: 111).



Gambar 2.12: Contoh reaksi oksidasi yang menghasilkan karbonil

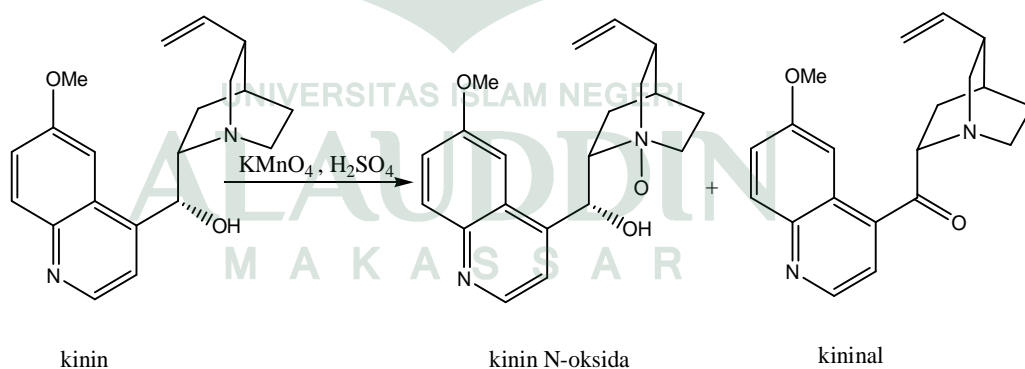
Oksidasi dengan kalium permanganat dalam kondisi asam dapat meningkatkan nilai potensial reduksi dari ion mangan dari kalium permanganat. Semakin tinggi konsentrasi asam, maka potensial reduksi akan semakin besar pula,

yang berarti semakin besar kemampuan ion permanganat mengoksidasi gugus fungsi lain. Seperti dijabarkan pada persamaan berikut:



(Dash, 2009: 708).

Rosalina dkk (2015) telah membuktikan pada penelitiannya, bahwa tingkat potensial reduksi ion permanganat berbeda tergantung kondisinya. Kalium permanganat pada kondisi netral akan menghasilkan ion mangan dengan nilai potensial reduksi E_{red}^o sebesar +0,558 V, pada keadaan basa $E_{\text{red}}^o = +0,595$ V dan pada keadaan asam $E_{\text{red}}^o = 1,679$ V. Pada keadaan asam, kekuatan mengoksidasi permanganat adalah yang paling besar, sehingga dapat mengoksidasi gugus alkohol pada kinin menjadi gugus keton.



Gambar 2.13: Oksidasi kinin dengan KMnO_4 dalam suasana asam

F. Identifikasi

1. Infrared

Biodiesel hasil transesterifikasi dan modifikasi dapat diidentifikasi dengan menggunakan alat instrumen *InfraRed* (FTIR). Spektroskopi IR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang khas pada ester asam lemak rantai panjang yang merupakan komponen biodiesel. Selain itu juga dapat mengidentifikasi adanya pemutusan ikatan rangkap pada rantai karbon alkena.

Inframerah merupakan radiasi elektromagnetik dari suatu panjang gelombang yang lebih panjang dari gelombang tampak tetapi lebih pendek dari gelombang mikro. Spektroskopi inframerah merupakan salah satu teknik spektroskopi yang didasarkan pada penyerapan inframerah oleh senyawa. Karena spektrum IR memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dari panjang gelombang yang lain maka energi yang dihasilkan oleh spektrum ini lebih kecil dan hanya mampu menyebabkan vibrasi atom-atom pada senyawa yang menyerapnya (Underwood, 2002, hal: 96).

Spektrum yang akan muncul dari vibrasi molekul-molekul organik adalah pada daerah serapan $4.000-400\text{ cm}^{-1}$, yaitu daerah yang sangat khas diantara daerah serapan IR pada $14.290-4.000\text{ cm}^{-1}$ dan daerah ujung serapan IR pada $700-400\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan radiasi inframerah pada rentang $10.000-100\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari molekul senyawa anorganik. Serapan yang muncul pada spektrum IR tergantung pada beberapa hal, seperti massa relatif atom, energi ikatan dan bentuk geometri dari atom itu sendiri. Spektrum IR yang muncul dinyatakan sebagai nomor gelombang ($\bar{\nu}$) dengan satuan cm^{-1} berdasarkan vibrasi energi dan tetapan pada instrumenasi moderen. Satuan tersebut dapat dikonversikan menjadi panjang

gelombang (λ) yang memiliki satuan μm , yaitu $1\text{ cm}^{-1} = 10^4 / \mu\text{m}$ (Silverstein dkk, 2005: 72).

Berdasarkan vibrasi energi yang terjadi pada suatu senyawa, maka spektrum akan muncul dalam bentuk pita dengan ciri khas dari masing-masing gugus yang terkandung di dalam senyawa tersebut. Gugus fungsi senyawa organik akan mudah diketahui vibrasi ikatannya berdasarkan jenis ikatannya, khususnya gugus fungsi utama seperti karbonil, hidroksil, alkena dan lain sebagainya (Sitorus, 2010: 104). Serapan yang sering muncul pada suatu senyawa dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Serapan Khas pada Spektrum IR

Type Vibrasi Regang	Rentang Serapan (cm^{-1})
C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350
=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)
C-H (aldehid/keton)	2850-2600
C=O	1740-1670
C-O (ester)	1300-1080
C-O-C	1250-1080
C=C (sp^2)	1680-1640
N-H	3600-3200

Sumber: Silverstein dkk, (2005).

2. GC-MS

Selain instrumen FTIR, instrumen lain yang mendukung untuk mengidentifikasi terjadinya pemutusan ikatan rangkap pada biodiesel, dapat pula digunakan instrumen *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS). Alat instrumen ini bertujuan mengidentifikasi komponen-komponen hasil pemutusan ikatan rangkap pada rantai karbon setelah dilakukan oksidasi pemaksapisahan dengan cara menampilkan masa molekul relatif senyawa total maupun hasil perpotongan.

Spektrum massa dapat diartikan sebagai jumlah massa dibanding dengan jumlah muatan dari fragmen-fragmen senyawa. Suatu molekul atau ion akan pecah membentuk fragmen-fragmen tergantung dari kerangka karbon dan gugus-gugus fungsional yang dimilikinya. Oleh karena itu, struktur dan massa fragmen akan memberikan petunjuk tentang senyawa induk yang dianalisa. Selain itu, akan menampilkan bobot molekul senyawa dari spektrum massanya (Fessenden, 1982: 454).

Pada spektroskopi massa, reaksi pertama yang akan terjadi pada suatu senyawa adalah ionisasi awal-abstraksi (pengambilan) sebuah elektron yang akan menyebabkan terbentuknya ion molekul dan muncul ion radikal. Radikal ion ini biasa muncul pada *peak* paling kanan dalam spektrum dan bobotnya akan mudah ditentukan. Tahap kedua adalah terjadinya pemecahan menjadi fragmen-fragmen melalui pelepasan radikal bebas atau molekul netral kecil dari ion molekul tersebut. Pemecahan ini tidak terjadi secara acak, melainkan akan membentuk fragmen dalam keadaan yang paling stabil (Fessenden, 1982: 459-460).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar yang dilaksanakan mulai dari bulan Juli 2016 hingga bulan Oktober 2016. Dilanjutkan analisis IR di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas MIPA UNHAS dan analisis GCMS di Laboratorium Forensik.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan diantaranya yaitu seperangkat GCMS *Agilent* GC Tipe 7890 A MS Tipe 5975, FTIR *Prestige-21 Shimadzu*, *Thermo Scientific Hareus Labofuge 200 Centrifuge*, ultrasonik *Krisbow* 47 kHz, oven, neraca analitik merek *Kern*, corong pemisah, kondensor, labu destilasi, viskometer *Oswald*, piknometer, cawan porselin, statif dan klem, termometer, gelas kimia, gelas ukur, corong, spatula, batang pengaduk, pipet tetes, kawat kasa, kaki tiga, tabung reaksi dan rak tabung.

2. Bahan

Bahan baku yang digunakan yaitu minyak kelapa kopra yang diperoleh dari PT. Kilat Agrotama Unggul Makassar. Jl. Sultan Abdullah 63, Tallo-Makassar. Bahan pereaksi yaitu aquadest (H_2O), asam asetat (CH_3COOH) encer, asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4) p.a, indikator phenolptalein, kalium hidroksida (KOH) p.a, kalium permanganat (KMnO_4) teknis, kertas saring, kertas saring Whatman no. 42, kertas lakmus, kertas pH universal, metanol (CH_3OH) dan natrium sulfat (Na_2SO_4).

C. *Prosedur Penelitian*

1. **Penentuan kadar free fatty acid (FFA) minyak kopra**

Minyak ditimbang sebanyak 20 gram menggunakan gelas kimia, kemudian dipanaskan hingga suhu 40°C. Ditambahkan metanol 98% sebanyak 50 mL dan beberapa tetes indikator phenolptalein, setelah itu larutan didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Titrasi dengan KOH 0,1 N hingga berwarna merah muda dan catat volume KOH yang digunakan. Hitung kadar FFA dalam %. Selanjutnya, setelah kadar FFA minyak diketahui kurang dari 1%, maka sampel minyak dapat dilanjutkan untuk pengujian GC-MS.

$$\% \text{ FFA} = \frac{V \text{ KOH} \times Mr \text{ asam lemak} \times N \text{ KOH}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

2. **Sintesis biodiesel melalui reaksi transesterifikasi**

a. **Sintesis biodiesel**

Minyak ditimbang sebanyak 211,4700 gram menggunakan gelas kimia, ditimbang pula metanol sebanyak 192 gram dan KOH sebanyak 2,1147 gram dalam gelas kimia yang berbeda. KOH dilarutkan dengan metanol dalam gelas kimia. Kemudian dicampurkan dengan minyak kelapa kopra. Hasil pencampuran direaksikan dalam alat ultrasonik selama 45 menit. Kemudian hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya biodiesel dan gliserol dipisahkan.

b. **Pemurnian biodiesel**

Biodiesel dicuci dengan air untuk melarutkan sisa katalis (alkil), sabun dan metanol yang terperangkap dalam biodiesel. Kemudian dikocok dalam corong pisah. Selanjutnya pH biodiesel diukur menggunakan kertas pH universal, kemudian jika pH biodiesel basa, ditambahkan beberapa tetes asam

asetat (CH_3COOH) encer hingga pH biodiesel menjadi netral. Setelah itu biodiesel pH netral dimasukkan ke dalam tabung sentrifug untuk disentrifug dengan kecepatan 4500 rpm selama 35 menit. Kemudian dipisahkan dengan hati-hati. Sampel dipanaskan selama 2 jam hingga air habis menguap. Kemudian ditambahkan natrium sulfat (Na_2SO_4) yang sudah diaktivasi dan disaring dengan kertas saring dengan kertas saring whatman no. 42.

3. Modifikasi Biodiesel dengan Larutan KMnO_4

Biodiesel sebanyak 21,1470 gram di masukkan ke dalam gelas kimia. Ditambahkan kalium permanganat (KMnO_4) 2% sebanyak 0,422 gram yang dilarutkan dalam asam sulfat (H_2SO_4) 4 N pada keadaan panas. Kemudian hasil campuran dimasukkan ke dalam ultrasonik selama 45 menit kemudian didekantasi. Kemudian disentrifuge selama 30 menit untuk membantu memisahkan hasil samping yang tidak terpisah pada saat didekantasi. Selanjutnya dipanaskan selama 30 menit. Perlakuan diulangi dengan menggunakan variasi konsentrasi KMnO_4 3%, 4%, 5%, dan 6%.

4. Karakterisasi biodiesel

a. Penentuan densitas

Piknometer yang telah bersih dan kering ditimbang kosong. Kemudian diisi dengan H_2O sampai pada tanda batas, dipipetkan dan dicatat suhunya. Timbang piknometer yang berisi H_2O dengan neraca analitik dan dicatat bobotnya. Kemudian piknometer dibersihkan dan dikeringkan. Isi dengan sampel yang akan diukur, impitkan dan dicatat suhunya. Timbang piknometer yang berisi sampel dengan neraca analitik dan dicatat bobotnya.

Perhitungan:

Bobot piknometer kosong : a gram

Bobot piknometer + air : b gram

Bobot piknometer + sampel : c gram

Bobot akuades : (b-a) gram

Bobot sampel : (c-a) gram

Perhitungan bobot jenis/ gravitas spesifik (Sg^t)

$$Sg^t \text{ sampel} = \frac{(c - a) \text{ gram}}{(b - a) \text{ gram}}$$

Perhitungan kerapatan/ densitas air (d_{aq}^t) suhu kamar, $t^\circ\text{C}$

$$d_{aq}^t = 0,9970 \text{ gr/cm}^3$$

Perhitungan kerapatan/ densitas (d_4^t)

$$d_4^t = Sg^t \times d_{aq}^t$$

b. Penentuan viskositas

Air dimasukkan ke dalam viskometer melalui pipa sebelah kanan (pembukaannya lebih rendah dari tanda b). Viskometer dimasukkan ke dalam penangas air yang dilengkapi dengan termometer untuk mengukur suhunya (suhu air harus sama dengan suhu percobaan yaitu 40°C dengan nilai koefisien viskositas 1,009). Zat cair diisap melalui pipa kiri agar zat cair masuk ke dalam ruang b hingga tanda a. Kemudian waktu yang diperlukan oleh zat cair untuk mengalir dari tanda a ke tanda b dicatat. Perlakuan yang sama dilakukan dengan mengganti air dengan sampel.

Perhitungan:

η_l : koefisien viskositas zat cair

η_2 : koefisien viskositas sampel

ρ_1 : masa jenis zat cair

ρ_1 : masa jenis sampel

t_1 : waktu pengaliran zat cair

t_2 : waktu pengaliran sampel

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

c. Penentuan titik nyala

Sampel dituang dalam cawan porselin yang bersih dan kering. Termometer digantung dengan ujung termometer tercelup dalam sampel namun tidak menempel pada dasar cawan. Pemanas dinyalakan dengan kenaikan suhu yang konstan. Uji nyala dilakukan dengan menggunakan lidi yang dibakar lalu diletakkan pada permukaan sampel. Kemudian temperatur yang ditunjukkan termometer saat terjadi nyala dicatat.

5. Identifikasi biodiesel

a. Identifikasi biodiesel menggunakan instrumen IR

Semua alat dipastikan terhubung dengan arus listrik. Kemudian rangkaian alat IR diaktifkan. Sebelum menginjeksikan sampel, dilakukan standarisasi alat dengan cara pastikan pena atau pencatat recorder pada posisi 4000 nm. Kemudian panjang gelombang diatur pada posisi 4000 nm. Kalibrasi ditempatkan pada tempatnya. Kemudian dibiarkan hingga muncul lampu berwarna hijau pada monitor dan melakukan *scanning*. Setelah proses kalibrasi selesai, plat kaca yang merupakan tempat sampel dikeluarkan dari alat IR. Sampel ditetaskan di antara plat NaCl yang kemudian dimasukkan pada plat kaca. Plat kaca digantung dalam tempat sampel pada alat IR. Kemudian identifikasi senyawa dilakukan.

b. Identifikasi menggunakan GCMS

1) Preparasi sampel

Alkil ester asam lemak (biodiesel) dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 mL n-heksan untuk mengekstrak biodiesel dari sampel dan alkohol. Kemudian ditambahkan 3 mL larutan NaCl jenuh untuk memperjelas bidang pemisahan antara ekstrak dan alkohol. Bagian n-heksan (fasa atas) dipindahkan ke dalam vial, kemudian ditambahkan Na_2SO_4 anhidrat untuk memerangkap air sehingga mencegah adanya air di dalam bahan uji. Setelah itu, sampel uji dimasukkan ke dalam vial kedua dengan hati-hati agar Na_2SO_4 anhidrat tidak ikut terbawa. Sampel siap di analisis pada instrumen GC-MS.

2) Identifikasi

GCMS diaktifkan dan seluruh komponen yang terkait diatur hingga sampel sebanyak 1 μl siap diinjeksikan dan siap *running*, kemudian tampilan analisis disesuaikan. *Sample login* pada monitor dipilih sementara menunggu GC dan MS pada monitor pada kondisi *Ready*. Klik *start* pada monitor, sehingga *automatic injector* membersihkan *syringe* sesuai *setting*, kemudian sampel diinjeksikan sebanyak 1 μl ke dalam *autoinjector*. Jika grafik terlihat agak datar, analisis GC dapat dihentikan dengan klik *stop* pada monitor. Puncak grafik diidentifikasi pada tiap waktu retensi dari puncak awal sampai puncak akhir dan dicocokkan dengan *references* pada program GCMS dengan memilih opsi *similary search*. Hasil identifikasi akan menunjukkan komponen yang paling mirip dari beberapa komponen dari bobot molekul serta tinggi *intens peaknya*. Setelah itu, instrumen GC-MS dinonaktifkan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Kadar *free fatty acid* (FFA) minyak kopra

Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) minyak kopra ditentukan sebelum sintesis biodiesel. Penentuan FFA dilakukan dengan cara menitrasi minyak dengan KOH, seperti halnya titrasi asam basa dengan menggunakan indikator fenolftalein. Sebelum dititrasi minyak dipanaskan terlebih dahulu untuk menguraikan asam-asam lemak yang terkandung di dalamnya, kemudian ditambahkan metanol untuk mengikat asam lemak bebas dari minyak tersebut. Setelah dilakukan perhitungan dengan melibatkan volume KOH yang digunakan pada saat titrasi, diketahui bahwa kadar FFA pada sampel adalah 0,4 %.

2. Sintesis biodiesel

Kadar FFA minyak kopra diketahui memenuhi syarat untuk produksi biodiesel, maka sintesis biodiesel dilakukan dengan perbandingan antara minyak kopra dan metanol sebesar 1 : 6. Biodiesel yang diperoleh melalui reaksi transesterifikasi dengan menggunakan KOH sebagai katalis ini kemudian dipisahkan dengan hasil sampingnya, yaitu gliserol, kemudian dinetralisasi dengan proses yang bertahap agar diperoleh biodiesel murni. Biodiesel yang diperoleh kemudian dilanjutkan pada tahap modifikasi. Biodiesel dimodifikasi menggunakan oksidator KMnO_4 dalam kondisi asam. Reaksi oksidasi pada campuran tersebut dipercepat dengan menggunakan bantuan divais ultrasonik. Setelah itu didekantasi dan untuk benar-benar memisahkan antara biodiesel dan hasil sampingnya digunakan sentrifugator, setelah itu diuapkan. Persentase

rendamen yang diperoleh setelah biodiesel dimodifikasi menggunakan KMnO_4 dengan waktu reaksi 45 menit dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Persentase Rendamen Biodiesel

Konsentrasi KMnO_4 (%)	Rendamen (%)
2	80,91
3	76,97
4	87
5	78,31
6	81,52

3. Karakterisasi biodiesel

Pada biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi kemudian dilakukan pengujian nilai viskositas, densitas dan titik nyala untuk mengetahui karakteristik dari biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan standar SNI. Selain itu, digunakan juga sebagai data pembanding dengan hasil modifikasi biodiesel. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Hasil Uji Karakterisasi Terhadap Biodiesel

No.	Jenis Uji	Nilai	Standar SNI
1.	Densitas	0,8685 gr/cm^3	0,85 – 0,89 gr/cm^3
2.	Viskositas	2,9174 dyn.s/cm^3	2,3 – 6,0 dyn.s/cm^3
3.	Titik nyala	160°C	100 – 190 °C

Setelah dimodifikasi, masing-masing biodiesel yang dihasilkan diberikan perlakuan seperti yang dilakukan pada biodiesel sebelum dimodifikasi. Adapun data hasil pengujian terhadap biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil Uji Karakterisasi Terhadap Biodiesel Hasil Modifikasi

No.	Konsentrasi KMnO_4 (%)	Densitas (gr/cm^3)	Standar SNI	Viskositas (dyn.s/cm^3)	Standar SNI	Titik Nyala (°C)	Standar SNI
1.	2	0,8689	0,85–0,89	2,8986	2,3–6,0	120	100 – 190
2.	3	0,8684	0,85–0,89	2,9603	2,3–6,0	100	100 – 190
3.	4	0,8756	0,85–0,89	2,7506	2,3–6,0	95	100 – 190
4.	5	0,8703	0,85–0,89	2,8822	2,3–6,0	86	100 – 190
5.	6	0,8710	0,85–0,89	2,5893	2,3–6,0	70	100 – 190

4. Identifikasi biodiesel hasil modifikasi

Biodiesel yang diperoleh pada penelitian ini diidentifikasi menggunakan instrumen *infrared* (IR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung dalam biodiesel yang telah dioksidasi menggunakan KMnO_4 . Adapun hasil IR dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Data Spektrum IR Biodiesel Setelah Modifikasi

No.	Perlakuan	Tipe Vibrasi Regang	Rentang Serapan (cm^{-1})	Serapan (cm^{-1})
1.	Tanpa KMnO_4	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2925,15; 2856,67; 1460,16; 1370,47
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	885,36; 724,29
		C=O	1740-1670	1744,67
		C-O	1300-1080	1228,70; 1159,26; 1109,11
2.	KMnO_4 2 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2926,01; 2854,65; 1432,04; 1438,90; 1369,46
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 852,54; 723,31
		C=O	1740-1670	1743,65
		C-O	1300-1080	1247,94; 1197,79; 1168,86
3.	KMnO_4 3 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2926,01; 2854,65; 1432,04; 1438,90; 1369,46
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 852,54; 723,31
		C=O	1740-1670	1743,65
		C-O	1300-1080	1247,94; 1197,79; 1168,86
4.	KMnO_4 4 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1369,46
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	879,50; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
5.	KMnO_4 5 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2854,65; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 721,38
		C-H (aldehid)	2850-2600	2667,55; 2611,62
		C=O	1740-1670	1741,72
6.	KMnO_4 6 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
7.	KMnO_4 7 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
8.	KMnO_4 8 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
9.	KMnO_4 9 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
10.	KMnO_4 10 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
11.	KMnO_4 11 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
12.	KMnO_4 12 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
13.	KMnO_4 13 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
14.	KMnO_4 14 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
15.	KMnO_4 15 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
16.	KMnO_4 16 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
17.	KMnO_4 17 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
18.	KMnO_4 18 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
19.	KMnO_4 19 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72
20.	KMnO_4 20 %	C-H (sp^3)	2960-2850 dan 1470-1350	2924,09; 2852,72; 1462,04; 1438,90; 1371,39
		=C-H (sp^2)	3100-3000 (s) dan 1000-700 (w)	877,61; 850,61; 723,31
		C-H (aldehid)	2850-2600	2731,20; 2675,27
		C=O	1740-1670	1741,72

Keterangan: (s) = *strong* dan (w) = *weak*, (Sumber: Silverstein dkk, 2005)

Selain diidentifikasi dengan menggunakan IR, instrumen lain yang digunakan adalah instrumen *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS). Adapun data hasil identifikasi senyawa pada sampel dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Komponen Utama Hasil Analisis GC-MS Biodiesel Setelah Modifikasi

No.	Perlakuan	Puncak	Waktu Retensi (menit)	Luas Area (%)
1.	Tanpa KMnO_4	1	8,983	10,95
		2	11,449	5,04
		3	14,035	2,71
		4	16,550	1,79
		5	16,926	0,88
		6	26,458	3,81
2.	KMnO_4 2%	1	9,296	8,09
		2	12,724	7,99
		3	15,433	14,82
		4	17,778	15,68
		5	19,855	10,19
		6	21,538	8,88
		7	21,726	4,29
		8	23,027	0,16
3.	KMnO_4 3%	1	9,290	8,23
		2	12,712	8,14
		3	15,426	26,39
		4	17,772	15,80
		5	19,855	10,06
		6	21,519	8,16
		7	21,707	4,23
		8	23,020	0,18
4.	KMnO_4 4%	1	9,290	6,79
		2	12,718	7,13
		3	15,439	23,63
		4	17,772	15,11
		5	19,849	10,11
		6	21,538	10,10
		7	21,719	4,42
		8	23,027	0,18
5.	KMnO_4 5%	1	9,296	6,48
		2	12,730	7,13
		3	15,433	20,37
		4	17,778	14,22
		5	19,855	9,24
		6	21,538	8,39
		7	21,726	3,67
		8	23,027	0,17
		9	23,865	0,14
6.	KMnO_4 6%	1	9,309	7,46
		2	12,730	7,52
		3	15,433	16,62
		4	17,766	14,23
		5	19,849	9,36
		6	21,538	8,74
		7	21,725	3,96
		8	23,152	0,34
		9	23,865	0,14

Pola Fragmentasi setiap komponen senyawa pada masing-masing sampel yang diperoleh melalui GCMS dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pola Fragmentasi Komponen Biodiesel Setelah Modifikasi

No.	Perlakuan	Puncak	Pola Fragmentasi	Dugaan Senyawa
1.	Tanpa KMnO ₄	1	214; 183; 171; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Laurat
		2	242; 211; 199; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Miristat
		3	270; 227; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Palmitat
		4	264; 222; 180; 111; 97; 55; 41	Asam Oleat
		5	298; 255; 199; 143; 97; 74; 43	Asam Stearat
		6	127; 115; 98; 73; 55; 43	Asam Oktanoat
2.	KMnO ₄ 2%	1	127; 115; 101; 87; 74; 55	Asam Oktanoat
		2	186; 155; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Dekanoat
		3	214; 183; 171; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Laurat
		4	242; 211; 199; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Miristat
		5	270; 227; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Palmitat
		6	296; 264; 222; 171; 111; 97; 83; 55	Asam Oleat
		7	298; 255; 199; 143; 97; 74; 43	Asam Stearat
		8	296; 281; 199; 171; 155; 139; 97; 74; 55	9,10-epoxystearat
3.	KMnO ₄ 3%	1	127; 115; 101; 87; 74; 57	Asam Oktanoat
		2	186; 155; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Dekanoat
		3	214; 183; 171; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Laurat
		4	242; 211; 199; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Miristat
		5	270; 227; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Palmitat
		6	296; 264; 222; 180; 111; 96; 74; 55	Asam Oleat
		7	298; 255; 199; 143; 97; 74; 43	Asam Stearat
		8	296; 281; 199; 171; 155; 139; 97; 74; 55	9,10-epoxystearat
4.	KMnO ₄ 4%	1	127; 115; 101; 87; 74; 57	Asam Oktanoat
		2	186; 155; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Dekanoat
		3	214; 183; 171; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Laurat
		4	242; 211; 199; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Miristat
		5	270; 227; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Palmitat
		6	296; 264; 222; 180; 111; 96; 74; 55	Asam Oleat
		7	298; 255; 199; 143; 97; 74; 43	Asam Stearat
		8	296; 281; 199; 171; 155; 139; 97; 74; 55	9,10-epoxystearat
5.	KMnO ₄ 5%	1	127; 115; 101; 87; 74; 55; 43	Asam Oktanoat
		2	186; 155; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Dekanoat
		3	214; 183; 171; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Laurat
		4	242; 211; 199; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Miristat
		5	270; 227; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Palmitat
		6	296; 264; 222; 180; 111; 96; 74; 55	Asam Oleat
		7	298; 255; 199; 143; 97; 74; 43	Asam Stearat
		8	296; 281; 199; 171; 155; 139; 97; 74; 55	9,10-epoxystearat
6.	KMnO ₄ 6%	1	127; 115; 101; 87; 74; 57	Asam Oktanoat
		2	186; 155; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Dekanoat
		3	214; 183; 171; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Laurat
		4	242; 211; 199; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Miristat
		5	270; 227; 143; 87; 74; 55; 43	Asam Palmitat
		6	296; 264; 222; 180; 111; 96; 74; 55	Asam Oleat
		7	298; 255; 199; 143; 97; 74; 43	Asam Stearat
		8	296; 281; 199; 171; 155; 139; 97; 74; 55	9,10-epoxystearat

B. Pembahasan

1. Kadar *free fatty acid* (FFA) minyak kopra

Proses awal yang dilakukan adalah sintesis biodiesel dari minyak kopra. Pertama-tama harus diketahui kadar asam lemak bebas (*free fatty acid*) yang terkandung dalam minyak kopra. Hal ini perlu dilakukan untuk menurunkan kemungkinan terjadi reaksi saponifikasi pada proses sintesis biodiesel, karena jika presentase FFA yang terkandung dalam minyak nabati tinggi, maka reaksi saponifikasi cenderung lebih mudah terjadi pada sintesis biodiesel.

Penentuan kadar FFA dalam minyak kopra dilakukan dengan cara menitrasi minyak dengan KOH, menggunakan indikator phenolptalein sebagai indikator untuk mengetahui titik akhir titrasi melalui perubahan warna yang terjadi. Sebelum dilakukan titrasi, minyak dipanaskan terlebih dahulu untuk menguraikan asam-asam lemak yang terkandung didalamnya, kemudian ditambahkan metanol untuk bereaksi dengan asam lemak bebas dari minyak tersebut. Setelah dilakukan perhitungan dengan melibatkan volume KOH yang digunakan pada saat titrasi, diketahui bahwa kadar FFA pada sampel adalah 0,4%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel dapat diidentifikasi menggunakan alat GC-MS dan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Berdasarkan teori, kadar FFA minyak kopra untuk pembuatan biodiesel tidak boleh lebih dari 5 % (Astria dan Afrilia, 2015: 6).

2. Sintesis biodiesel

Sintesis biodiesel umumnya dilakukan dalam 4 tahap, yaitu standarisasi kalium hidroksida (KOH), penentuan angka asam, netralisasi dan proses transesterifikasi. Namun pada penelitian ini, perlakuan pada sampel adalah standarisasi KOH, penentuan kadar FFA dan proses transesterifikasi.

Standarisasi KOH dilakukan untuk mengetahui konsentrasi KOH sebenarnya yang digunakan pada penentuan kadar FFA sebagai larutan titran. Penentuan kadar FFA dilakukan untuk mengetahui tindakan apa yang akan dilakukan jika kadar FFA yang terkandung dalam sampel melebihi batas maksimal kadar FFA yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel. Setelah dilakukan pengujian, diketahui bahwa kadar FFA dalam sampel rendah, sehingga tidak perlu dilakukan penentuan angka asam dan proses netralisasi, melainkan langsung pada proses transesterifikasi.

Transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak nabati dengan metanol (CH_3OH) dan katalis basa. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah kalium hidroksida (KOH). KOH dapat meningkatkan konsentrasi konversi metil ester (biodiesel) seperti halnya yang pernah dilakukan oleh Aziz (2005). Sri wahyuni dkk, juga pernah melakukan penelitian serupa dengan membandingkan KOH dan NaOH, guna mengetahui efektifitas fungsinya sebagai katalis. Hasil yang diperoleh adalah bahwa NaOH dapat menurunkan konsentrasi konversi metil ester karena terjadi reaksi saponifikasi atau penyabunan antara NaOH dan minyak yang dapat mengakibatkan terjadi emulsi stabil antara minyak dan alkohol. Konsentrasi KOH yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 1%. Semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan, maka akan semakin meningkat pula jumlah molekul yang bereaksi membentuk metil ester, karena energi aktivasi untuk mengalami reaksi kimia untuk menghasilkan produk berkurang (Wahyuni dkk., 2011: 57).

Konsentrasi KOH 1% dalam artian 1% dari berat sampel, sehingga untuk melarutkannya tidak menggunakan aquades, melainkan dilarutkan menggunakan metanol yang akan direaksikan dengan minyak. Campuran larutan KOH dan

metanol selanjutnya dimasukkan ke dalam minyak. Reaksi transesterifikasi yang terjadi dipercepat dengan bantuan divais ultrasonik. Setelah itu didiamkan selama 24 jam untuk memastikan terjadi pemisahan antara metil ester dengan gliserol yang terbentuk. Biodiesel yang diperoleh kemudian dinetralisasi dengan penambahan aquades dan asam asetat (CH_3COOH) encer. Setelah itu disentrifugasi untuk memisahkan air dan senyawa lain yang terdapat pada biodiesel setelah dinetralkan. Setelah itu diuapkan selama dua jam dan ditambahkan natrium sulfat (Na_2SO_4) untuk menarik air yang masih tersisa dalam biodiesel. Setelah itu biodiesel disaring agar didapatkan filtrat yang murni.

Rendamen biodiesel murni yang diperoleh dari perbandingan dengan berat sampelnya, yaitu hanya 9,8 %. Hal ini disebabkan oleh terjadinya reaksi safonifikasi kembali antara ester dan katalis basa yang tersisa ketika biodiesel ingin dimurnikan. Sehingga pada saat dimurnikan melalui pemisahan dengan alat bantu sentrifuge dan pemanasan, lebih banyak hasil samping dan air yang habis menguap dibandingkan dengan biodiesel yang diperoleh.

3. Modifikasi biodiesel

Biodiesel yang telah dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi kemudian dimodifikasi. Modifikasi biodiesel dilakukan untuk mengubah struktur metil ester yang merupakan struktur utama biodiesel dengan reaksi oksidasi menggunakan kalium permanganat (KMnO_4). Reaksi oksidasi ini dilakukan dalam kondisi asam, karena diketahui bahwa ion permanganat memiliki nilai potensial reduksi sebesar 1,679 V pada kondisi asam, sehingga kekuatan oksidasinya paling besar (Rosalina, 2015:154).

Pada proses modifikasi digunakan lima variasi konsenrasi KMnO_4 yaitu 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% untuk mengetahui pengaruh konsentrasi oksidator pada proses modifikasi. Pemilihan variasi konsentrasi ini berdasarkan peneliti sebelumnya yaitu Nurlina (2014) yang menggunakan konsentrasi KMnO_4 3,16% untuk mengoksidasi biodiesel, namun tidak mendapatkan hasil yang optimal. Selain itu, berdasarkan teori diketahui bahwa semakin pekat konsentrasi KMnO_4 , maka kemampuan mengoksidasi ikatan rangkap akan semakin kuat (Fessenden, 1982: 415). Hasil yang diinginkan adalah terputusnya ikatan rangkap pada struktur metil ester pada biodiesel. Biodiesel ditambahkan dengan KMnO_4 yang telah dilarutkan menggunakan asam sulfat panas, campuran larutan direaksikan dalam divais ultrasonik. Kemudian campuran disaring dan diperoleh biodiesel murni. Hasil modifikasi ditentukan rendamennya. Nilai rendamen dari biodiesel murninya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

4. Karakterisasi biodiesel hasil modifikasi

Reaksi yang terjadi antara biodiesel dan KMnO_4 adalah reaksi pemaksapisahan oksidatif yang diharapkan dapat memutus ikatan rangkap pada alkena dengan menghasilkan produk keton, aldehid dan asam karboksilat atau mengurai asam lemak rantai panjang menjadi beberapa asam lemak rantai pendek sebagai penyusun biodiesel. Oleh sebab itu dilakukan uji karakterisasi pada biodiesel hasil modifikasi untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada biodiesel.

Adapun hasil uji karakteristik biodiesel dijelaskan sebagai berikut:

a. Uji densitas

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui densitas dari biodiesel yang diperoleh dan dibandingkan dengan densitas biodiesel yang telah ditetapkan oleh SNI. Selain itu, pengujian ini dilakukan untuk membandingkan antara densitas pada biodiesel tanpa modifikasi dan biodiesel hasil modifikasi dengan 5 variasi konsentrasi KMnO_4 yang berbeda-beda. Dari data yang diperoleh diketahui bahwa densitas biodiesel hasil modifikasi sesuai dengan densitas biodiesel berdasarkan SNI yaitu berkisar $850\text{-}890 \text{ Kg/m}^3$ atau $0,85\text{-}0,89 \text{ g/cm}^3$.

Namun, dari data yang diperoleh juga diketahui bahwa densitas antara biodiesel sebelum dan sesudah dimodifikasi mengalami perubahan, yaitu densitas biodiesel hasil modifikasi rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan densitas biodiesel tanpa modifikasi. Hal ini disebabkan terjadinya peningkatan masa molekul pada metil ester karena penambahan oksigen yang disebabkan oleh reaksi oksidasi. Sedangkan untuk perbandingan densitas hasil modifikasi pada kelima variasi konsentrasi KMnO_4 terjadi peningkatan densitas pada hasil modifikasi dengan konsentrasi KMnO_4 3%, bahkan densitasnya lebih tinggi dari biodiesel sebelum dimodifikasi yaitu $0,8963 \text{ g/cm}^3$.

b. Uji viskositas

Viskositas adalah istilah lain yang digunakan untuk menyatakan tingkat kekentalan suatu zat cair. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa biodiesel memiliki tingkat kekentalan yang rendah menyerupai bahan bakar fosil. Selain itu diketahui pula, bahwa nilai viskositas dari biodiesel hasil

modifikasi lebih rendah dari biodiesel yang tidak dimodifikasi, karena dilihat dari kondisi fisiknya biodiesel hasil modifikasi lebih encer dibandingkan dengan biodiesel sebelum dimodifikasi. Sedangkan dari kelima variasi konsentrasi KMnO_4 diketahui bahwa dengan menggunakan KMnO_4 konsentrasi 6% diperoleh viskositas biodiesel terendah dari pada konsentrasi lainnya.

c. Uji nyala

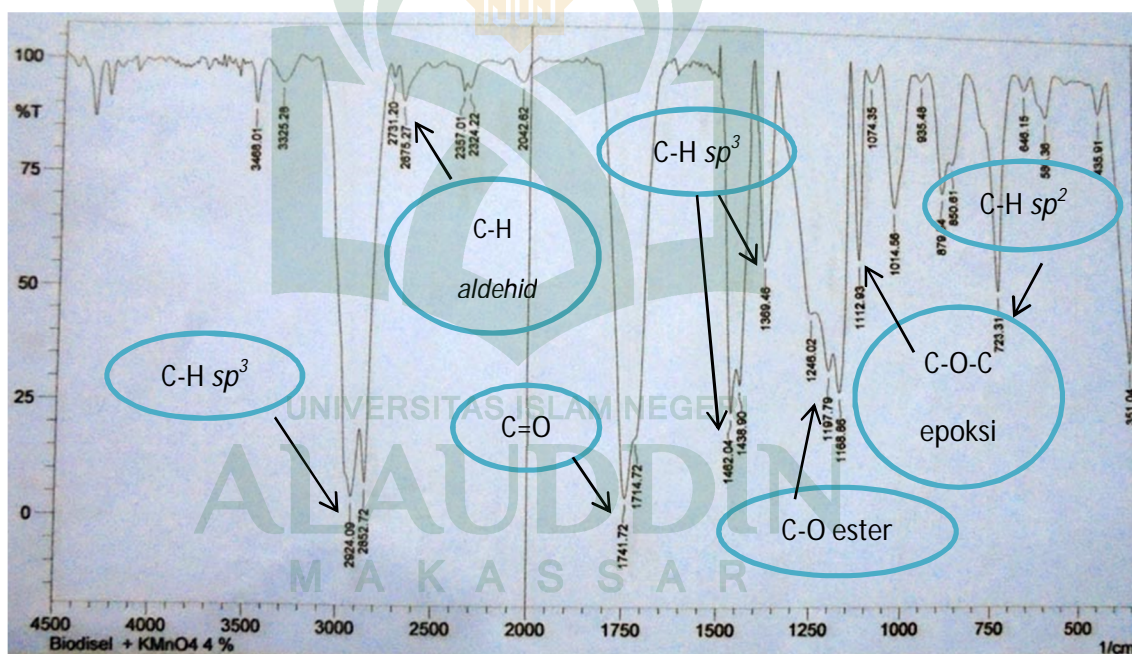
Selain densitas dan viskositas, karakteristik biodiesel yang lain adalah titik nyala. Titik nyala adalah suhu terendah yang dihasilkan dari pembakaran pada biodiesel. Berdasarkan hasil pengujian pada biodiesel diketahui bahwa biodiesel dapat menyala pada suhu 160°C dan menurut standar SNI bahwa biodiesel dapat menyala minimal pada suhu 100°C . Sedangkan untuk biodiesel hasil modifikasi menunjukkan perubahan yang signifikan, yaitu semakin tinggi konsentrasi KMnO_4 yang digunakan, maka titik nyala dari biodiesel akan semakin menurun, bahkan lebih rendah dari standar SNI yaitu 95°C , 86°C dan 70°C . Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan oksigen pada struktur metil ester, sehingga biodiesel lebih mudah mengalami pembakaran.

5. Identifikasi biodiesel hasil modifikasi

Hasil modifikasi secara fisik telah menunjukkan sifat yang serupa dengan biodiesel standar SNI. Untuk lebih memastikan hal tersebut, maka biodiesel yang dihasilkan diidentifikasi menggunakan instrument IR dan GC-MS.

a. Identifikasi dengan IR

Setelah dilakukan pengujian secara fisik untuk mengkarakterisasi biodiesel, maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan instrumen untuk mengetahui keberhasilan oksidasi menggunakan KMnO_4 terhadap molekul metil ester (biodiesel). Analisis menggunakan IR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada biodiesel setelah dimodifikasi menggunakan variasi konsentrasi KMnO_4 pada kondisi asam. Salah satu hasil spektrum IR pada biodiesel termodifikasi dengan KMnO_4 4 % dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.1: Spektrum IR biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 4 %

Dari hasil spektrum tersebut dapat dilihat bahwa biodiesel termodifikasi dengan KMnO_4 4% menunjukkan adanya serapan pada daerah 1112,93 cm^{-2} yang termasuk daerah untuk vibrasi regang C-O-C epoksi dengan intensitas sedang, tajam dan terpisah dari vibrasi regang C-O ester (Silverstein dkk,

2005: 91). Selain itu, mulai muncul pita pada daerah serapan $2675,27 \text{ cm}^{-2}$ yang termasuk daerah untuk vibrasi regang C-H aldehid dan keton. Pita lain yang mudah terdeteksi adalah pita khas yang dimiliki oleh regang C=O terlihat pada daerah serapan $1741,72 \text{ cm}^{-2}$ dengan intensitas kuat dan tajam, selain itu rentetan spektrum khas regang C-O ester muncul pada $1246,02 \text{ cm}^{-2}$; $1197,79 \text{ cm}^{-2}$ dan $1168,86 \text{ cm}^{-2}$. Terlihat pula pita pada daerah serapan $2924,09 \text{ cm}^{-2}$; $1462,04 \text{ cm}^{-2}$ dan $1362,46 \text{ cm}^{-2}$ yang diketahui adalah vibrasi tekukan dan regang untuk C-H sp^3 , dan muncul serapan pada daerah sidik jari, namun dengan intensitas sedang, tajam dan terpisah dari spektrum lainnya yaitu daerah $723,31 \text{ cm}^{-2}$ yang merupakan vibrasi regang untuk =C-H sp^2 .

Jika dibandingkan dengan data spektrum IR biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 konsentrasi 2% dan 3%, akan terlihat hasil yang cukup mirip karena pada ketiga data tersebut sama-sama terlihat adanya regang C=O, C-O ester, C-O-C epoksi, C-H sp^3 dan =C-H sp^2 , akan tetapi belum terlihat munculnya regang C-H (aldehid atau keton) pada spektrum IR biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 konsentrasi 2% dan 3%. Namun daerah serapan untuk vibrasi regang lainnya hampir sama. Sebaliknya jika dibandingkan dengan data pada spektrum IR biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 konsentrasi 5% dan 6%, akan ditemukan kesamaan yang hampir identik dari ketiga data tersebut. Semua vibrasi regang yang muncul pada spektrum biodiesel dengan KMnO_4 4% muncul pula pada spektrum biodiesel dengan KMnO_4 5% dan 6%, yang menjadi pembeda adalah intensitas dari vibrasi regang C-H (aldehid dan keton) dengan C-O-C (epoksida) pada ketiga data tersebut. Semakin tinggi konsentrasi KMnO_4 yang digunakan, maka semakin

luas area pita C-O-C (epoksida) yang muncul pada data IR. Data lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan untuk spektrumnya dapat dilihat pada lampiran 4.

b. Identifikasi dengan GC-MS

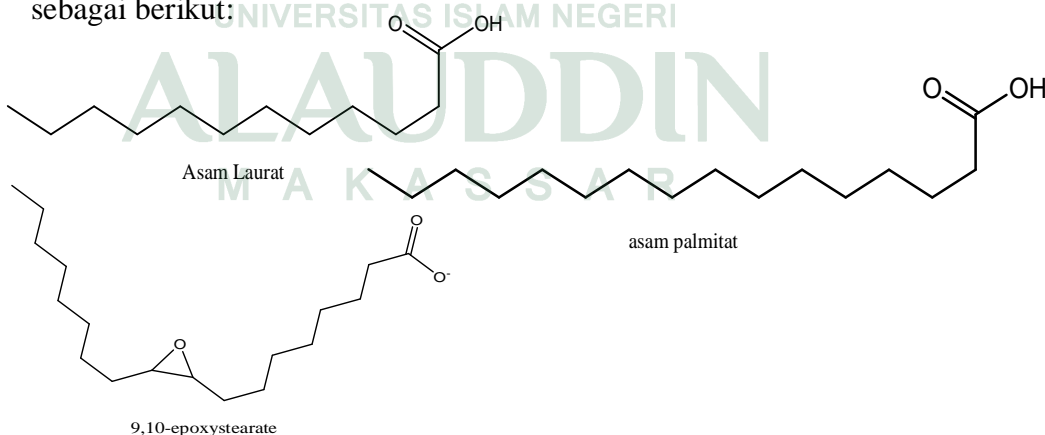
Identifikasi terakhir menggunakan instrumen GC-MS, untuk mengidentifikasi komponen senyawa yang terkandung dalam sampel berdasarkan fragmen-fragmen dari molekul besarnya. Berdasarkan data yang diperoleh pada kromatogram hasil modifikasi biodiesel, terdapat beberapa senyawa yang sama dengan senyawa yang terkandung pada minyak murni sebelum diolah. Akan tetapi, berdasarkan data kromatografi ini diprediksi adanya gugus fungsi karbonil pada struktur metil ester yang merupakan hasil dari reaksi oksidasi yang terjadi.

Data kromatografi menunjukkan bahwa reaksi dengan KMnO_4 2% terdiri atas delapan komponen. Tiap komponen masing-masing memiliki luas area yang berbeda. Luas puncak komponen yang paling rendah ditunjukkan pada puncak terakhir ($t_R = 23,027$) dengan luas area sebesar 0,16%. Sedangkan luas puncak paling tinggi ditunjukkan oleh puncak keempat ($t_R = 17,778$) dengan luas area sebesar 15,68%. Untuk waktu retensi dan luas area dengan variasi konsentrasi 3%, 4%, 5% dan 6% terdapat beberapa perbedaan dengan konsentrasi KMnO_4 2 %. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 sampai Tabel 4.10 di atas.

Pada biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 2% terdapat 7 komponen mayor yang beberapa diantaranya adalah komponen yang sama dengan yang terkandung dalam minyak murni. Terdapat pula satu komponen minor yang merupakan senyawa yang diprediksi membentuk epoksi pada

salah satu ikatan C-C asam lemaknya. Kemudian untuk biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 3% dan KMnO_4 4% terdapat pula 7 komponen mayor dan 1 komponen minornya yang diprediksi adalah senyawa yang sama dengan yang dihasilkan pada modifikasi dengan KMnO_4 2%. Sedangkan untuk biodiesel hasil modifikasi dengan KMnO_4 5% dan 6% terdapat 7 komponen mayor dan 1 komponen minor yang sama dengan komponen yang dihasilkan pada modifikasi sebelumnya, namun memiliki 1 komponen minor yang menarik hasil oksidasi tersebut yaitu diprediksi senyawa dengan gugus epoksida.

Pola fragmentasi yang ditunjukkan oleh kelima hasil modifikasi biodiesel tersebut terlihat serupa, baik komponen mayor maupun minornya. Komponen mayor yang teridentifikasi pada biodiesel hasil modifikasi merupakan komponen yang teridentifikasi pada sampel minyak kopra. Adapun contoh gambar senyawa dari komponen mayor dan minor yang teridentifikasi serta diprediksi merupakan hasil modifikasi biodiesel adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2: Struktur Senyawa Hasil Identifikasi GC-MS

Reaksi pemutusan ikatan rangkap pada struktur metil ester memberikan hasil rendamen senyawa baru dalam jumlah sedikit. Senyawa

tersebut diprediksi adalah senyawa 9,10-epoksistearat dan komponen asam lemak yang terpotong-potong menjadi lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh persentase ikatan rangkap ($C=C$) pada minyak kopra sangat rendah yang diketahui dari hasil identifikasi menggunakan GC-MS dan IR.





UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kelima konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4) pada penelitian ini mampu mengoksidasi ikatan rangkap pada biodiesel dan semakin meningkat konsentrasi KMnO_4 , maka kemampuannya mengoksidasi semakin besar.
2. Nilai densitas biodiesel hasil modifikasi menggunakan konsentrasi KMnO_4 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% secara berturut-turut adalah 0,8689 gr/cm^3 , 0,8684 gr/cm^3 , 0,8756 gr/cm^3 , 0,8703 gr/cm^3 dan 0,8710 gr/cm^3 . Sedangkan nilai viskositas secara berturut-turut adalah 2,8986 dyn.s/cm^3 , 2,9603 gr/cm^3 , 2,7506 gr/cm^3 , 2,8822 gr/cm^3 dan 2,5893 gr/cm^3 . Titik nyala biodiesel secara berturut-turut adalah 120 °C, 100 °C, 95 °C, 86 °C dan 70 °C.
3. Senyawa yang dihasilkan pada proses modifikasi menggunakan kalium permanganat (KMnO_4) adalah senyawa yang mengandung epoksi dan aldehid pada rantai karbonnya yang berupa komponen minor yaitu senyawa 9,10-epoksistearat.

B. Saran

Saran yang dapat disampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Bagi peneliti yang ingin melakukan modifikasi melalui proses oksidasi sebaiknya menggunakan pengoksidator lain selain menggunakan KMnO_4 .
2. Bagi peneliti yang tetap ingin menggunakan pengoksidator yang sama sebaiknya konsentrasi KMnO_4 lebih ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an nuf Qarim.

- Anggraini, SD, dkk. "Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* Oil) dengan Katalis KOH (Variasi Konsentrasi Katalis)". Jurnal MIPA 36, no. 2 (2013), h. 178-184. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM> (15 Februari 2016).
- Astiana, Yulia dan Rizka Afrilia. "Metanolisis Minyak Kopra (*Copra Oil*) Pada Pembuatan Biodiesel Secara Kontinu Menggunakan Trickle Bed Reactor". Jurnal Rekayasa Produk dan Proses Kimia 1, no. 1 (Mei 2015), h. 6-10.
- Aunillah, Asif dan Dibyo Pranowo. "Karakteristik Biodiesel Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) Menggunakan Transesterifikasi Dua Tahap". Buletin RISTRI 3, no. 3 (November 2012), h. 193-200.
- Badan Standarisasi Nasional. "Biodiesel". SNI 04-7182-2006.
- Cristianti, Laras. "Pembuatan Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Menggunakan Fermentasi Ragi Tempe". *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, 2009.
- Dash, Sukaylan, dkk. "Oxidation by Permanganate: Synthetic and Mechanistic Aspects". Tetrahedron 65, no. 859 (2009), h. 707-739. <http://www.elsevier.com/locate/tet> (22 Oktober 2016).
- Diwani dan S. El Rafie. "Modification of Thermal and Oxidative Properties of Biodiesel Produced From Vegetable Oils". J. Environ Sci. Tech 5, no. 3 (Maret 2008), h. 391-400.
- Fessenden, Ralph J. dan Joan S. Fessenden. *Organic Chemistry, Third Edition (Kimia Organik, Edisi Ketiga Jilid 1)*, terj. Aloysius Hadyana Pudjaatama. Jakarta: Erlangga, 1982.
- Hutami, Rosy, dkk. "Analisis Komponen Asam Lemak Dalam Minyak Goreng dengan Instrumen GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometer*)". *Laporan Hasil Penelitian*. Bogor: Fakultas Teknologi Penelitian Institut Pertanian Bogor, 2012.

- Kementrian Agama RI. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. PT. Medika Cipta Surabaya, 2012
- Mulyana, Rida. "Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel". 2013, h. 11-12.
- Nurlina. "Modifikasi Biodiesel Dari Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) Melalui Reaksi Oksidasi Dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik". *Skripsi*. Makassar : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, 2014.
- Nurul, Leily, dkk. "Perilaku Penyalaan Campuran Biodiesel-Solar Pada Oil Burner". *Jurnal Teknik Kimia* 20, no. 4 (Desember 2014), h. 46-51.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. "Kebijakan Energi Nasional". <http://www.hukumonline.com> (17 Februari 2016).
- Putra, Darma. "Penurunan Titik Awan Biodiesel Melalui Penambahan Aditif Ester Asam Lemak Bercabang". *Tesis*. Master Theses From JBPTITBPP, 2008.
- Putra, Idam. "Pengaruh Campuran Biodiesel dan Aditif Terhadap Kinerja Bahan Bakar Solar". *Tesis*. Undergraduate Theses From JBPTITBPP, 2009.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati, 2009.
- Rosalina, Reny, dkk. "Reaksi Oksidasi dengan Kalium Permanganat (KMnO_4) pada Senyawa Kinin". *Jurnal Penelitian The dan Kina* 2, no. 18 (September 2015), h. 151-158.
- Sastrohamidjojo, Hardjono dan Harno Dwi Pranowo. *Sintesis Senyawa Organik*. Jakarta: Erlangga, 2009.
- Setiawan, Nanang. "Sintesis Biodiesel Bertitik Awan Rendah dari Minyak Sawit". *Tesis*. Master Theses From JBPTITBPP, 2008.
- Silverstein, Robbert M., dkk. *Spectrometric Identification Of Organic Compounds, Seventh Edition*. United States Of America: John Wiley dan Sons, INC, 2005.
- Siswahu, Agung dan Tri Yuni Hendrawati. "Studi Pustaka Modifikasi Minyak Nabati Sebagai Sumber Bahan Baku Pelumas Bio". *Jurnal Teknologi* 2, no. 2 (Juli 2013), h. 23-32.
- Sitorus, Marham. *Kimia Organik Umum*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.

Shaabani, Ahmad dan Donald G. Lee. "Solvent Free Permanganate Oxidations". *Tetrahedron Letters* 42 (2001), h. 5833-5836.

Syamsidar. "Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah". *Jurnal Teknosains* 7, no. 2 (Juli 2013), h. 209-218.

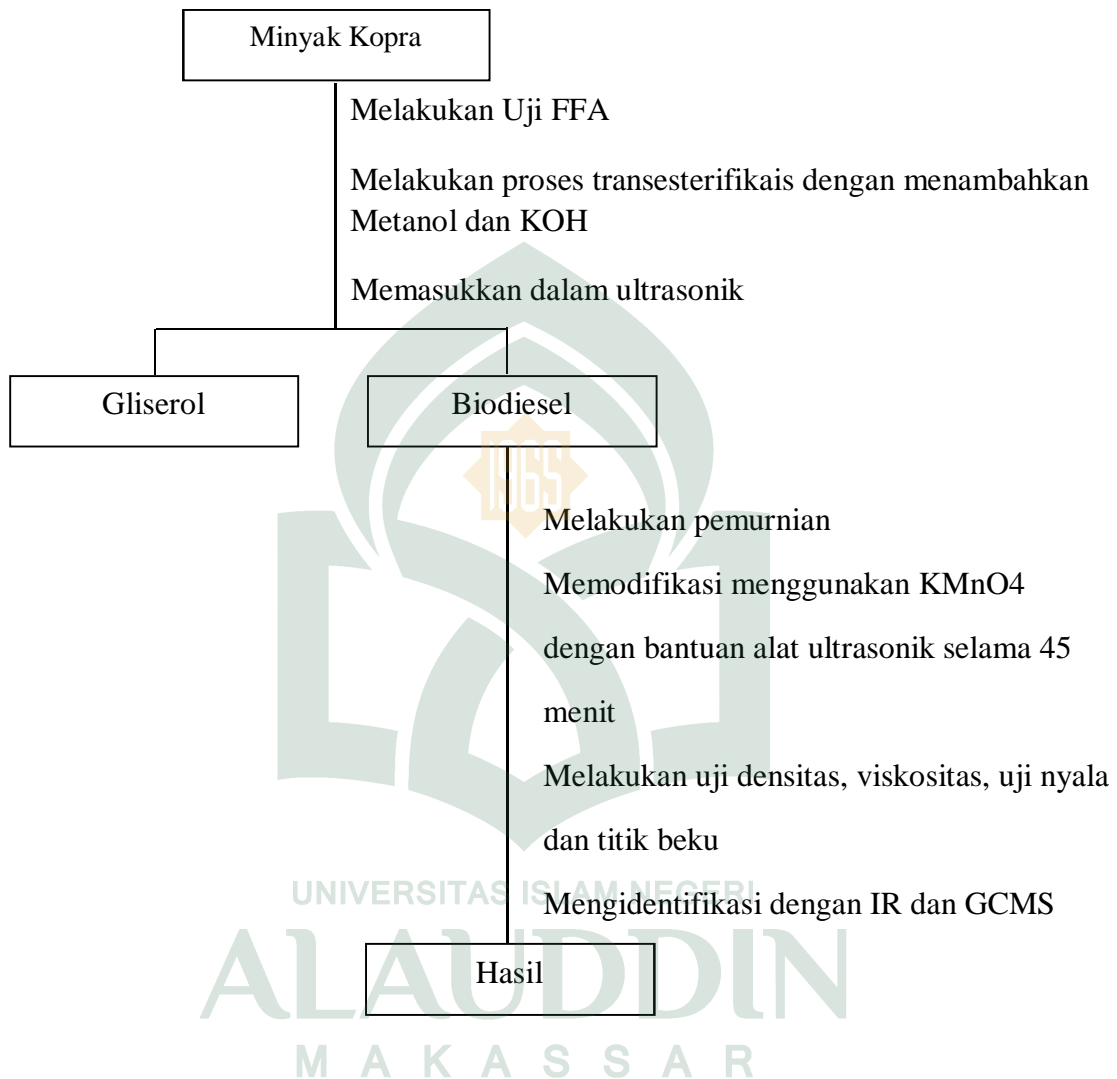
Tambing, Adrianto. "Survey Pembuatan Kopra Petani di Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat". *Skripsi*. Makassar: Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, 2012.

Underwood, A.L dan R.A. Day. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga, 2002.

Warisno. *Budi daya Kelapa Genjah*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.

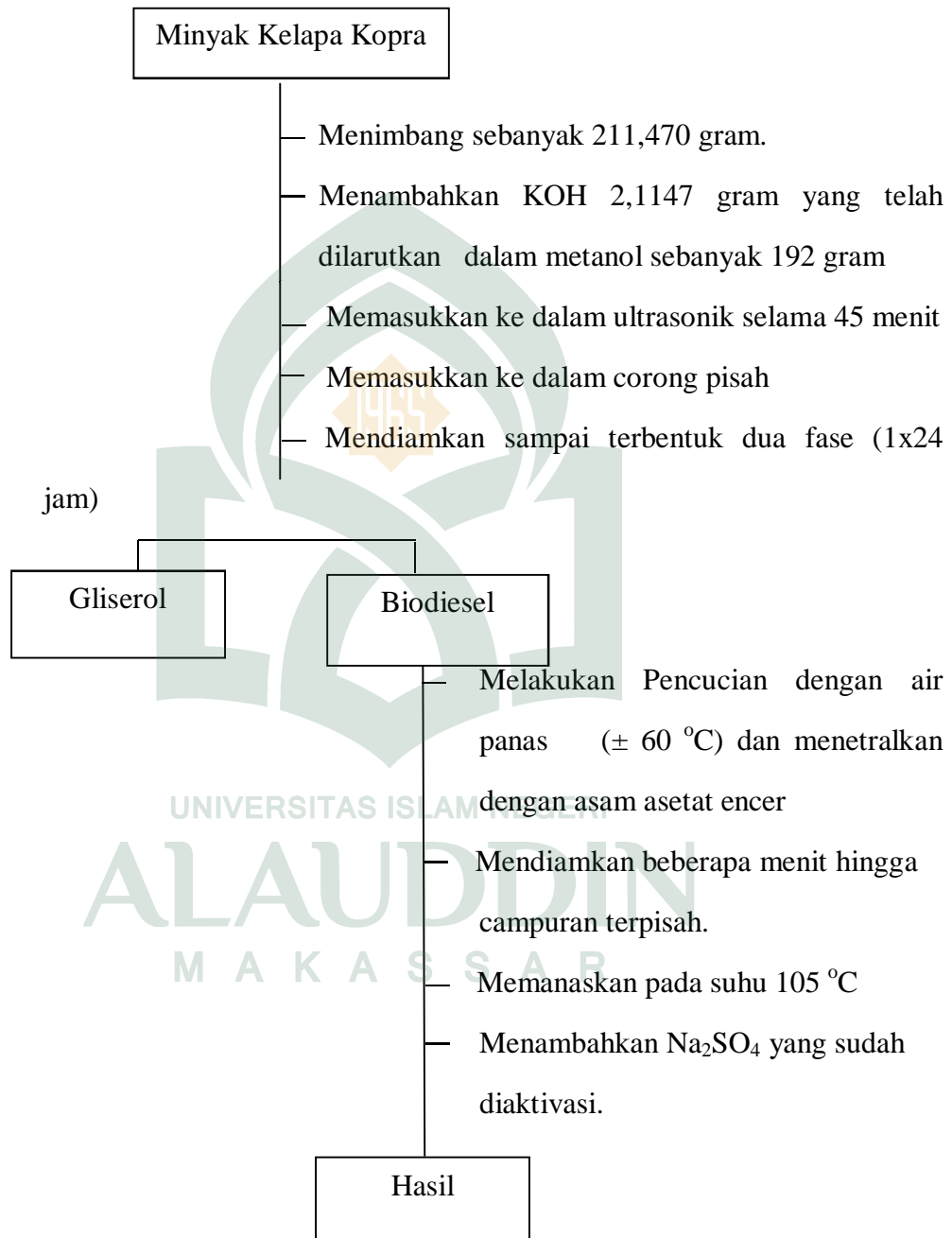


Lampiran 1. Skema Prosedur Kerja

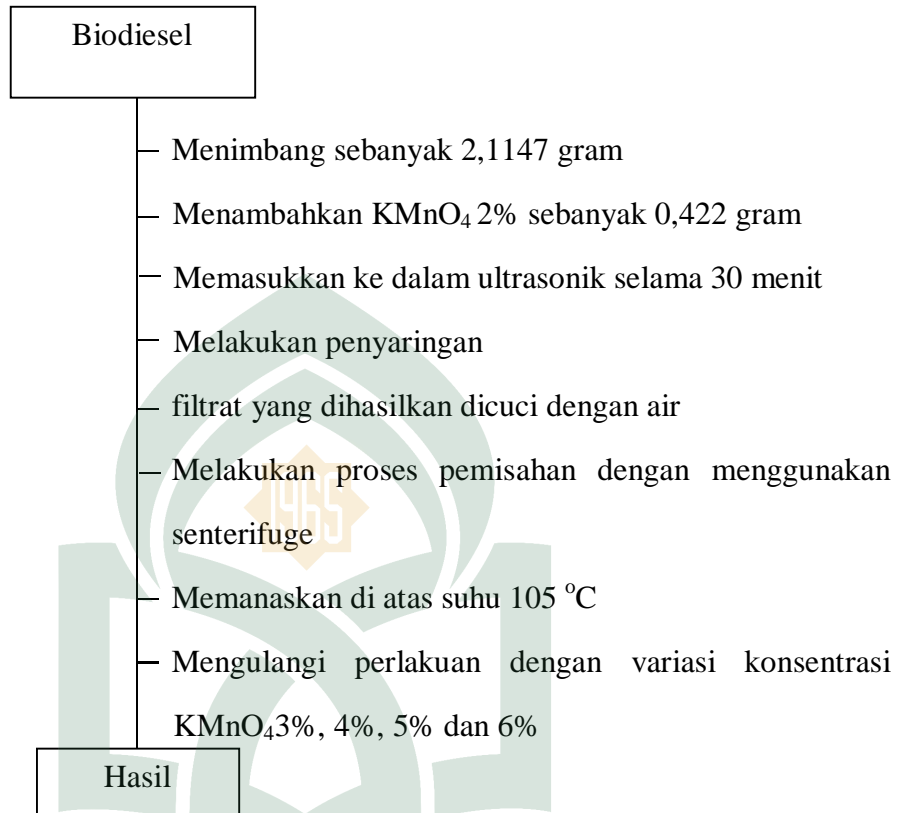


Lampiran 2. Prosedur Kerja Proses transesterifikasi dan Modifikasi Biodiesel

1. Transesterifikasi Minyak Kelapa Kopra

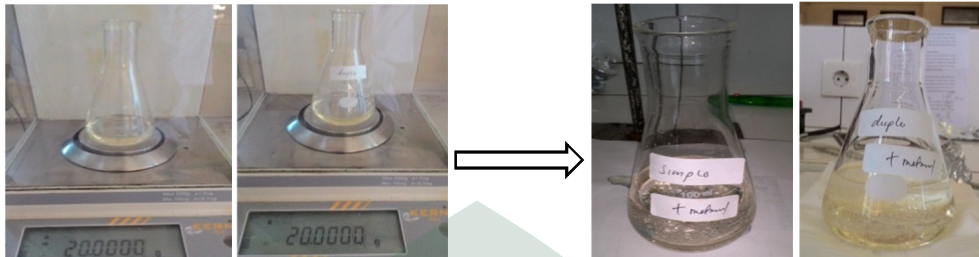


2. Modifikasi Biodiesel Menggunakan KMnO_4



Lampiran 3: Dokumentasi Penelitian

1. Penentuan Kadar Free Fatty Acid (FFA) Minyak Kopra



Minyak Kopra

Penambahan Metanol



Hasil Titration



Titration dengan KOH 0,1 N

2. Sintesis Biodiesel

a. Reaksi Transesterifikasi



Minyak Kopra

Metanol

KOH

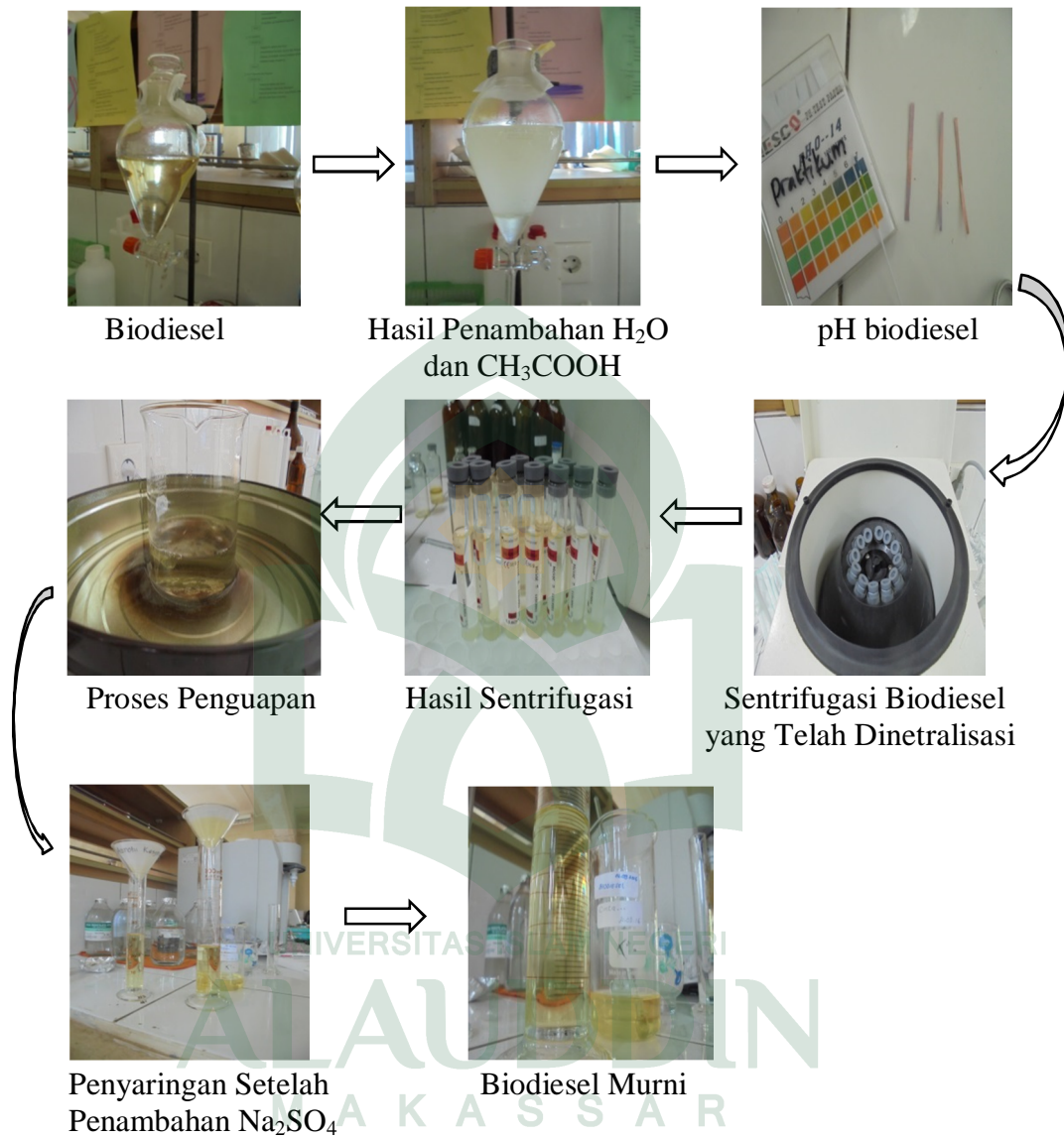
Campuran Larutan



Pemisahan dengan Corong Pisah

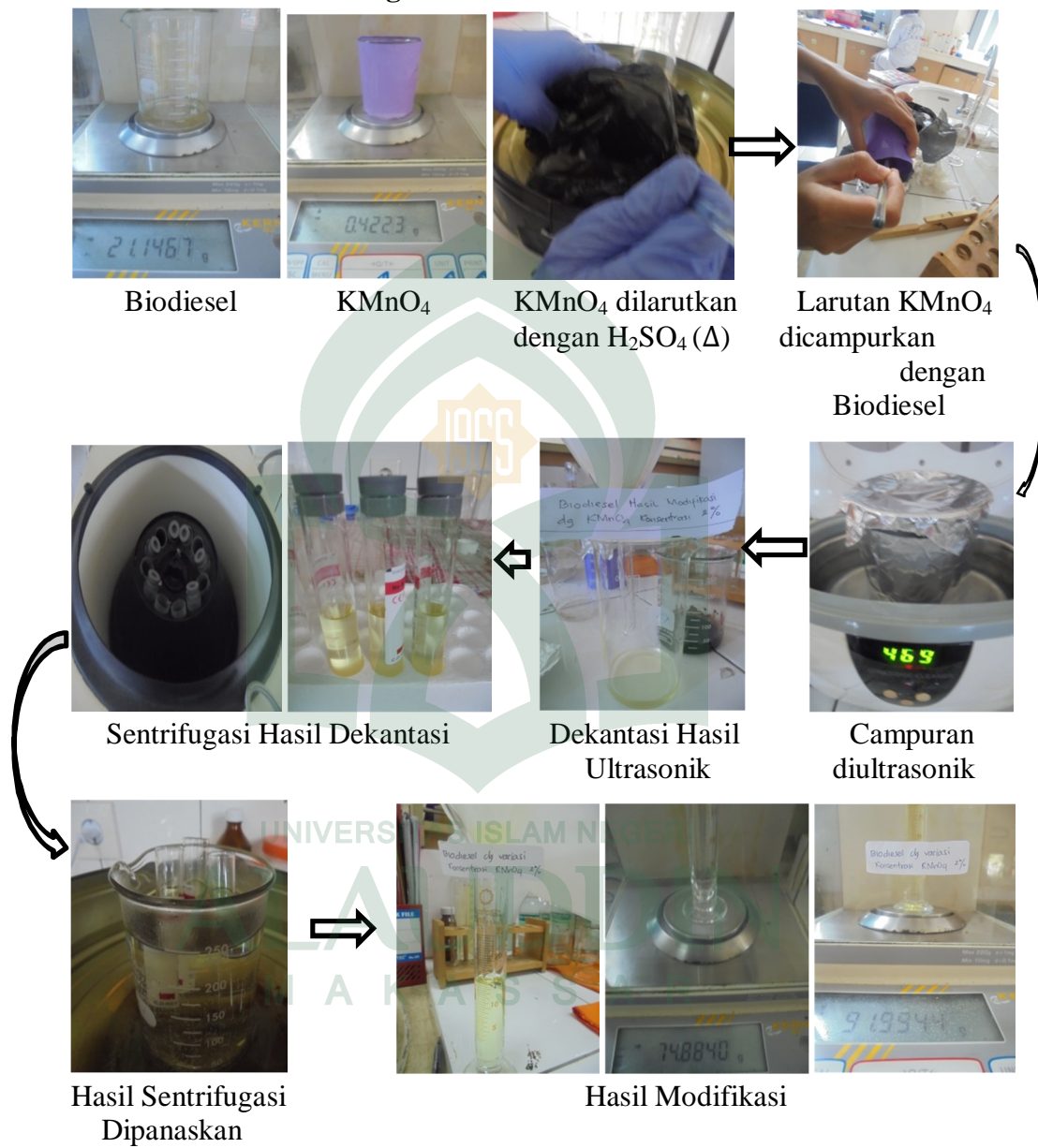


Pereaksian dalam Divais Ultrasonik

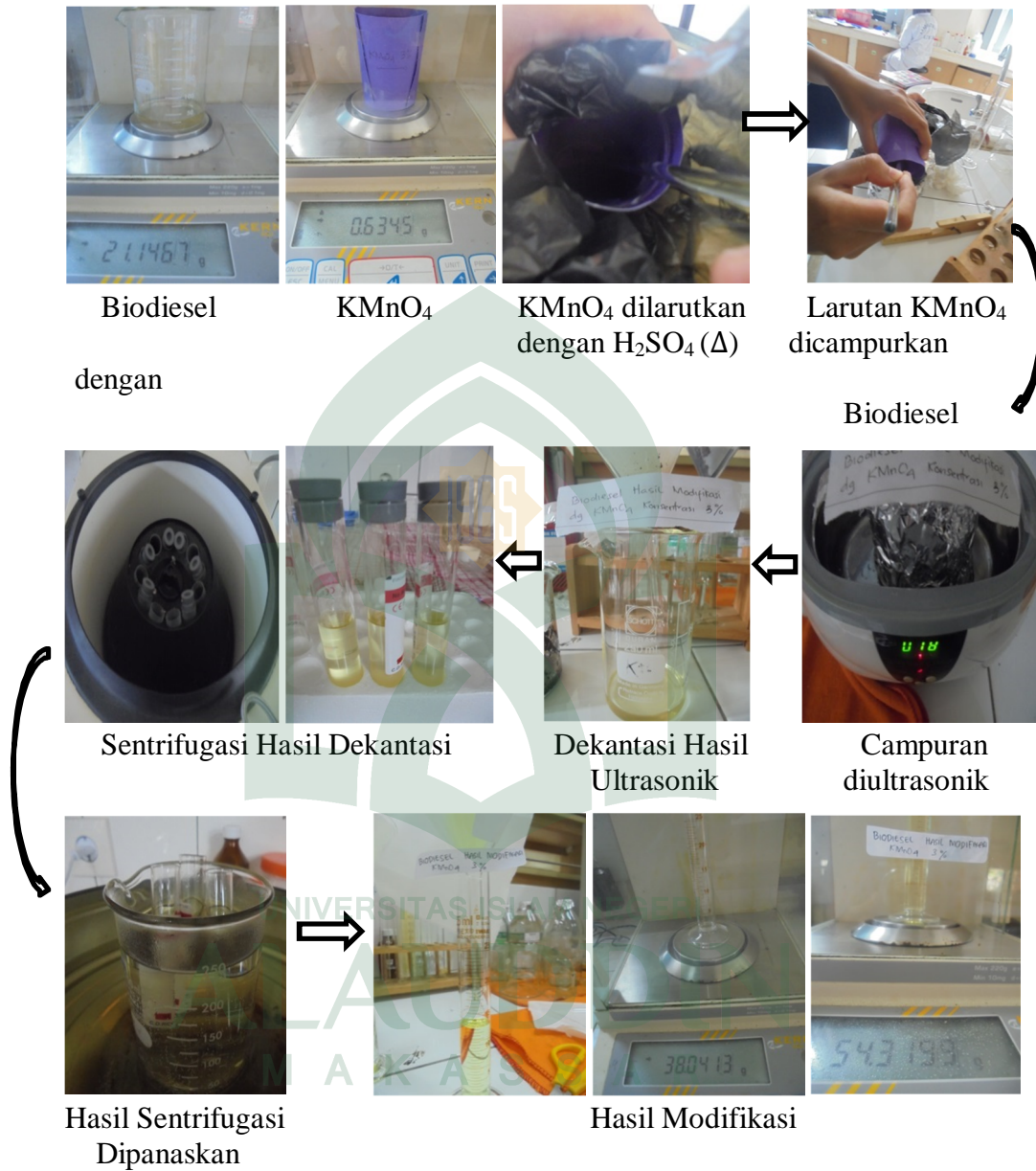
b. Pemurnian Biodiesel

3. Modifikasi Biodiesel

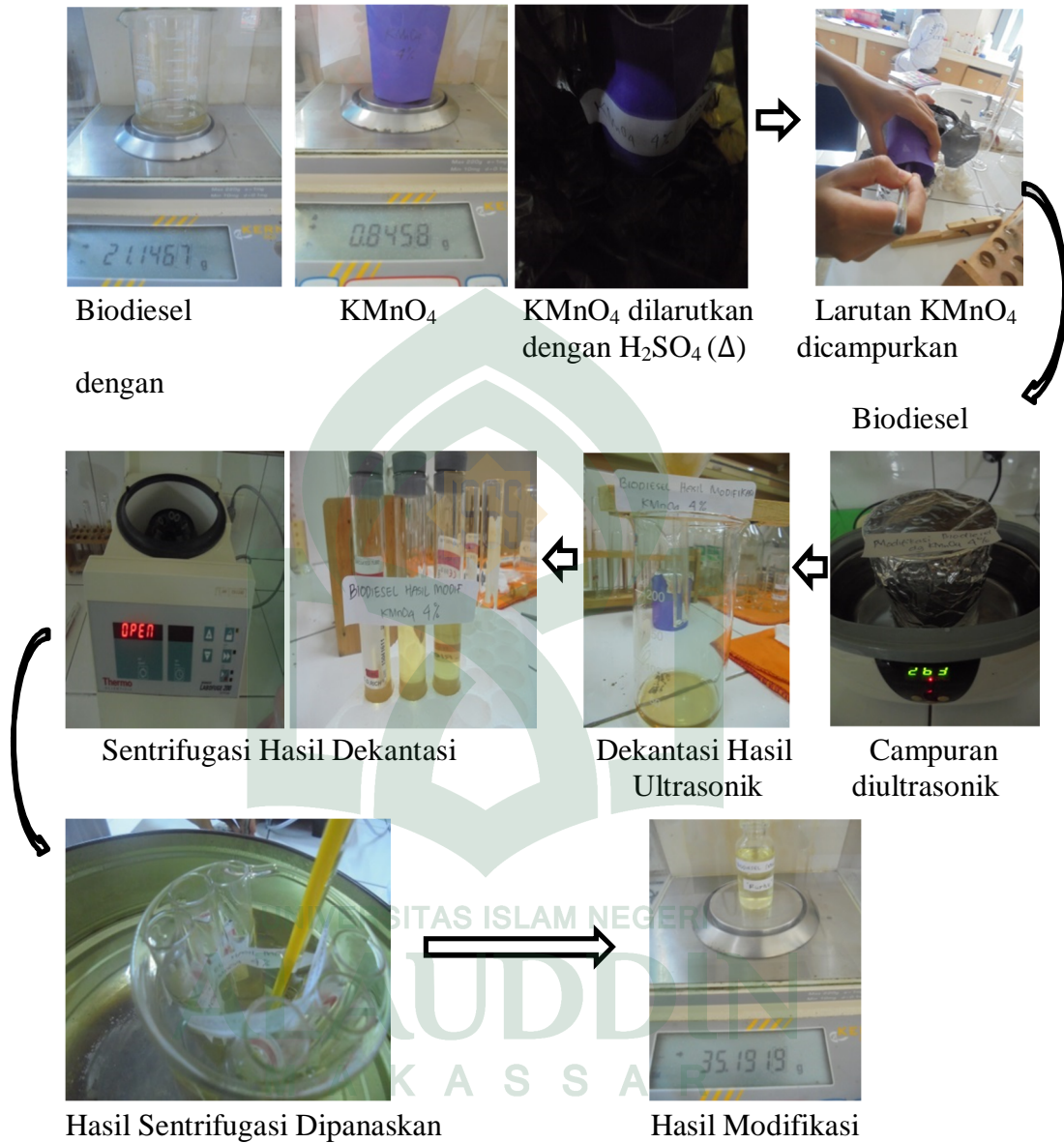
a. Modifikasi Biodiesel dengan KMnO_4 2 %



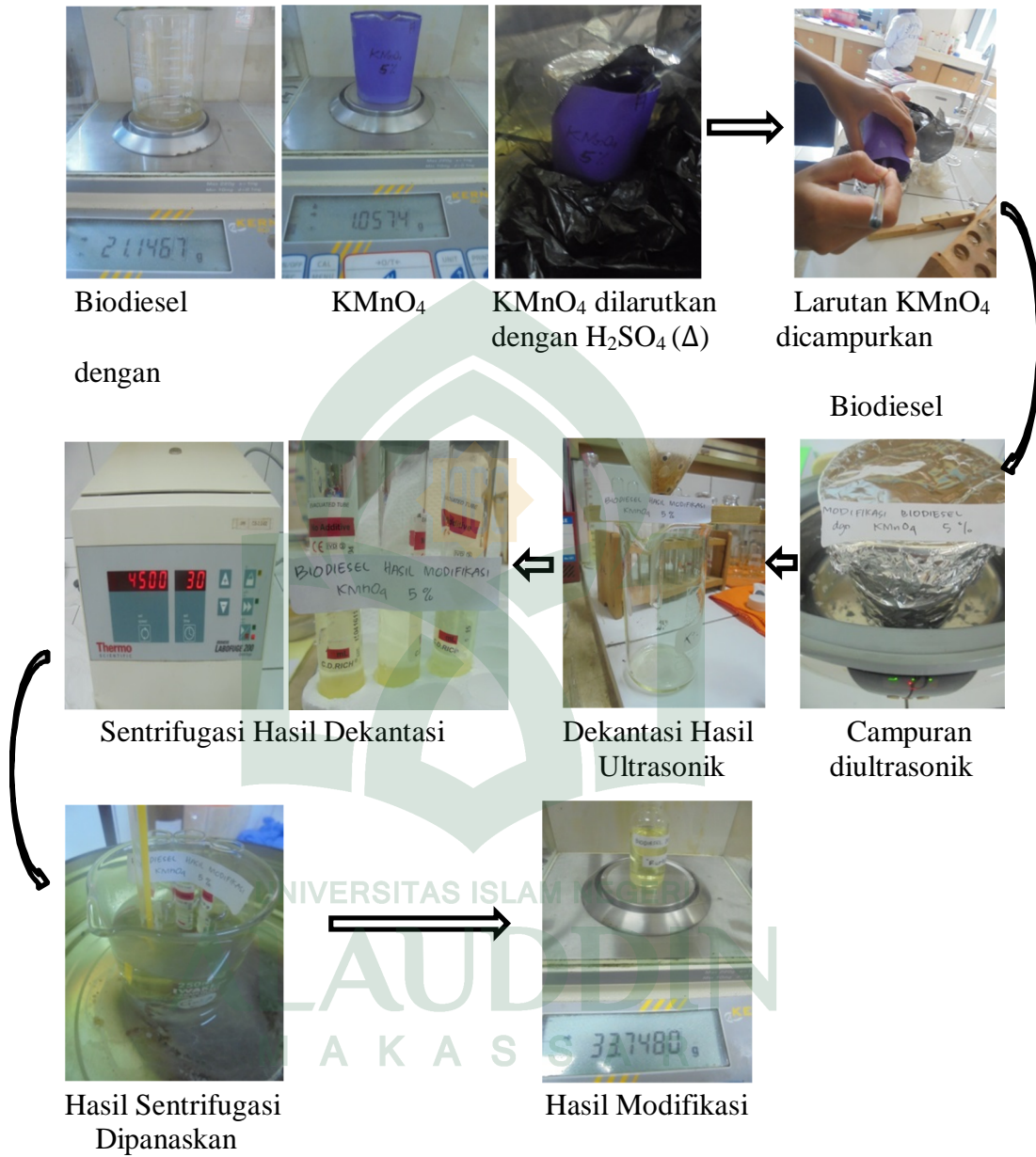
b. Modifikasi Biodiesel dengan KMnO_4 3 %



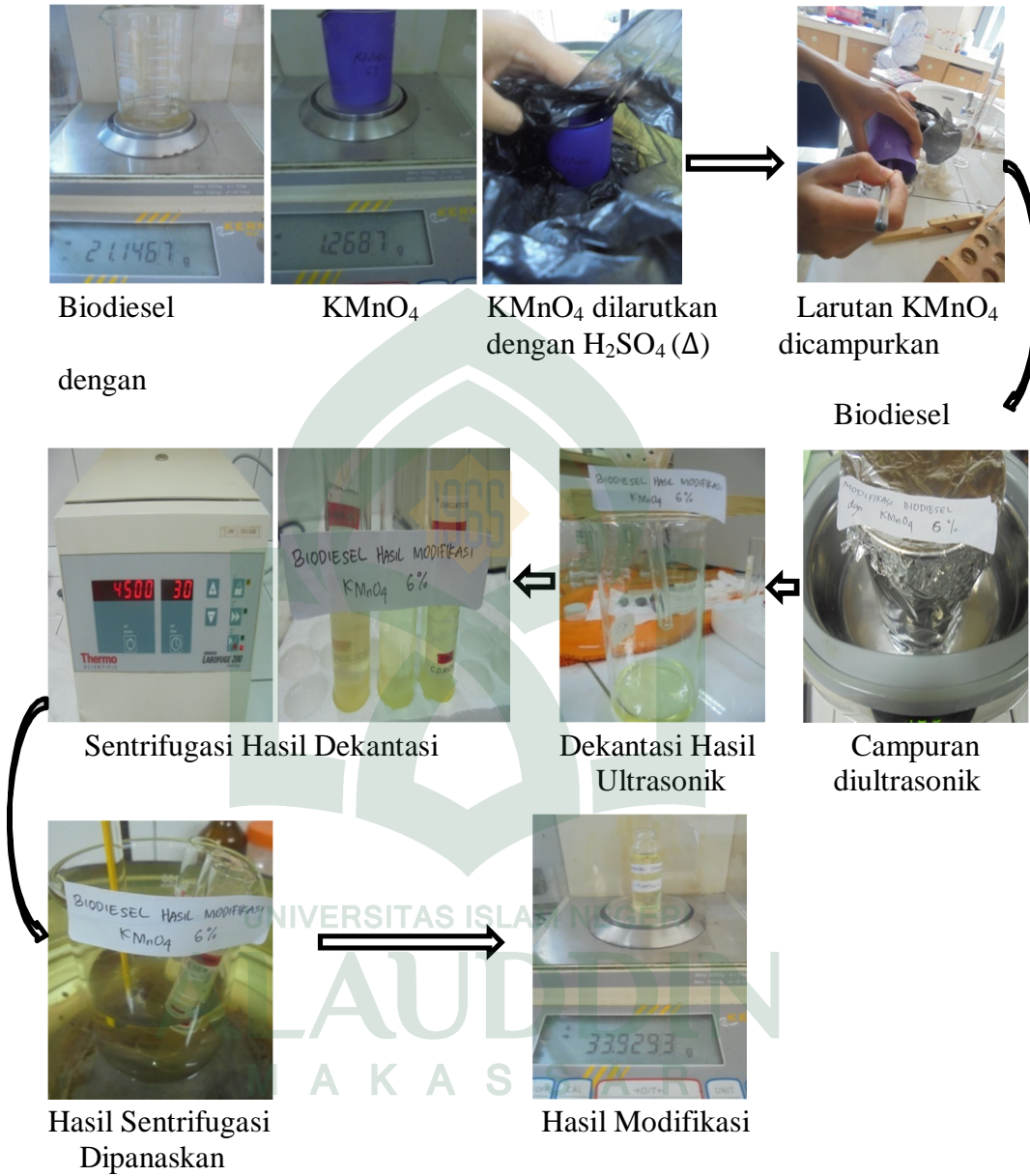
c. Modifikasi Biodiesel dengan KMnO_4 4 %



d. Modifikasi Biodiesel dengan KMnO_4 5 %



e. Modifikasi Biodiesel dengan KMnO_4 6 %



4. Karakterisasi Biodiesel

a. Uji Densitas

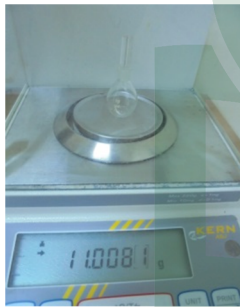
1) Biodiesel Sebelum Dimodifikasi



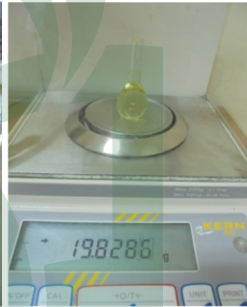
Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Air



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Biodiesel

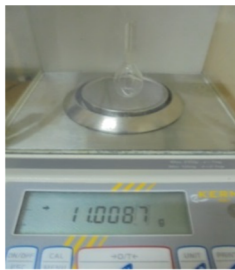
2) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 2 %



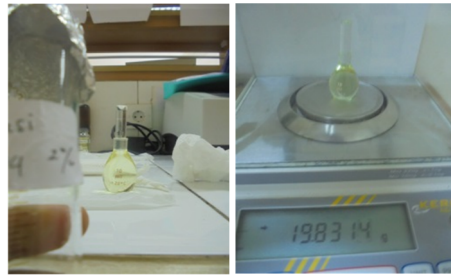
Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Air



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Biodiesel

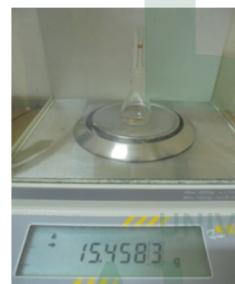
3) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 3 %



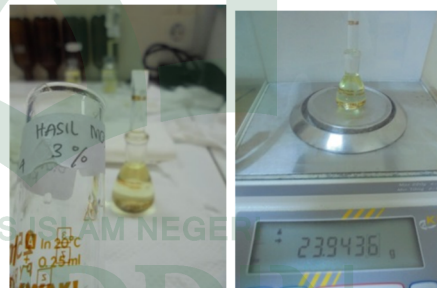
Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Air



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Biodiesel

4) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 4 %



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Air



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Biodiesel



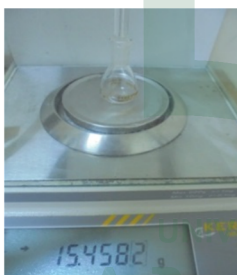
5) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 5 %



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Air



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Biodiesel



6) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 6 %



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Air



Bobot Kosong
Piknometer



Bobot Piknometer
tambah Biodiesel

b. Uji Viskositas



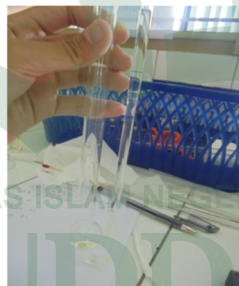
Pemanasan Air
Hingga Suhu 40°C



Pengukuran Laju Alir Air



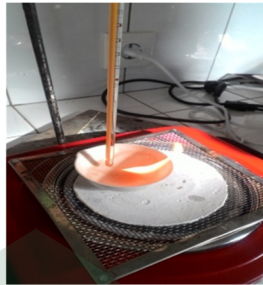
Pemanasan Air
Hingga Suhu 40°C



Pengukuran Laju Alir Air

c. Uji Titik Nyala

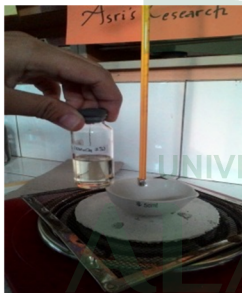
1) Biodiesel Sebelum Dimodifikasi



2) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 2 %



3) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 3 %



4) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 4 %



5) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 5 %



6) Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 6 %



Lampiran 4. Perhitungan

1. Penentuan FFA

$$\text{Diketahui: } V \text{ KOH} = 0,039 \text{ L}$$

$$\text{Mr Asam Lemak} = 211,47 \text{ gr/mol}$$

$$N \text{ KOH} = 0,1 \text{ grek/L}$$

$$\text{Berat sampel} = 20,0002 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{V \text{ KOH} \times \text{Mr asam lemak} \times N \text{ KOH}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0039 \text{ L} \times 211,47 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0,1 \text{ mol/L}}{20,0002 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 0,42\% \end{aligned}$$

2. Sintesis Biodiesel

a. Penentuan Mr minyak kelapa kopra

$$\text{Mr minyak kelapa kopra} = \text{Mr total asam lemak}$$

1) Mr Asam kaproat ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$)

$$\begin{aligned} (6 \times \text{Ar C}) + (12 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (6 \times 12 \text{ gr/mol}) + (12 \times 1 \text{ gr/mol}) \\ &\quad + (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\ &= 72 \text{ gr/mol} + 12 \text{ gr/mol} + 32 \text{ gr/mol} \\ &= 116 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= 116 \text{ gr/mol} \times \frac{0,20}{100} \\ &= 0,232 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

2) Mr Asam kaprilat ($\text{C}_7\text{H}_{17}\text{COOH}$)

$$\begin{aligned} (8 \times \text{Ar C}) + (18 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (8 \times 12 \text{ gr/mol}) + (18 \times 1 \text{ gr/mol}) \\ &\quad + (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\ &= 96 \text{ gr/mol} + 18 \text{ gr/mol} + 32 \text{ gr/mol} \\ &= 146 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 146 \text{ gr/mol} \times \frac{6,10}{100}$$

$$= 8,906 \text{ gr/mol}$$

3) Mr Asam kaprat ($\text{C}_9\text{H}_9\text{COOH}$)

$$\begin{aligned} (10 \times \text{Ar C}) + (20 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (10 \times 12 \text{ gr/mol}) + (20 \times 1 \text{ gr/mol}) \\ &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\ &= 120 \text{ gr/mol} + 20 \text{ gr/mol} + 32 \\ &\text{gr/mol} \\ &= 172 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= 172 \text{ gr/mol} \times \frac{8.60}{100} \\ &= 14,792 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

4) Mr Asam laurat ($\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$)

$$\begin{aligned} (12 \times \text{Ar C}) + (24 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (12 \times 12 \text{ gr/mol}) + (24 \times 1 \text{ gr/mol}) \\ &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\ &= 144 \text{ gr/mol} + 24 \text{ gr/mol} + 32 \\ &\text{gr/mol} \\ &= 200 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= 200 \text{ gr/mol} \times \frac{50.50}{100} \\ &= 101 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

5) Mr Asam miristat ($\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$)

$$\begin{aligned} (14 \times \text{Ar C}) + (28 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (14 \times 12 \text{ gr/mol}) + (28 \times 1 \text{ gr/mol}) \\ &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\ &= 168 \text{ gr/mol} + 28 \text{ gr/mol} + 32 \\ &\text{gr/mol} \\ &= 228 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= 228 \text{ gr/mol} \times \frac{16.10}{100} \\ &= 36,8904 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

6) Mr Asam palmitat (C₁₅H₃₁COOH)

$$\begin{aligned}
 (16 \times \text{Ar C}) + (32 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (16 \times 12 \text{ gr/mol}) + (32 \times 1 \text{ gr/mol}) \\
 &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\
 &= 192 \text{ gr/mol} + 32 \text{ gr/mol} + 32 \\
 &\text{gr/mol} \\
 &= 256 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar} &= 256 \text{ gr/mol} \times \frac{7,50}{100} \\
 &= 19,2 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

7) Mr Asam stearat (C₁₇H₃₅COOH)

$$\begin{aligned}
 (18 \times \text{Ar C}) + (36 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (18 \times 12 \text{ gr/mol}) + (36 \times 1 \text{ gr/mol}) \\
 &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\
 &= 216 \text{ gr/mol} + 36 \text{ gr/mol} + 32 \\
 &\text{gr/mol} \\
 &= 284 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar} &= 284 \text{ gr/mol} \times \frac{1,50}{100} \\
 &= 4,26 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

8) Mr Asam arachidat (C₁₉H₃₉COOH)

$$\begin{aligned}
 (20 \times \text{Ar C}) + (40 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (20 \times 12 \text{ gr/mol}) + (40 \times 1 \text{ gr/mol}) \\
 &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\
 &= 240 \text{ gr/mol} + 40 \text{ gr/mol} + 32 \\
 &\text{gr/mol} \\
 &= 312 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar} &= 312 \text{ gr/mol} \times \frac{0,02}{100} \\
 &= 0,0624 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

9) Mr Asam palmitoleat (C₁₅H₂₉COOH)

$$\begin{aligned}
 (16 \times \text{Ar C}) + (30 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (16 \times 12 \text{ gr/mol}) + (30 \times 1 \text{ gr/mol}) \\
 &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\
 &= 192 \text{ gr/mol} + 30 \text{ gr/mol} + 32 \\
 &\text{gr/mol} \\
 &= 254 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar} &= 254 \text{ gr/mol} \times \frac{0,2}{100} \\
 &= 0,508 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

10) Mr Asam oleat (C₁₇H₃₃COOH)

$$\begin{aligned}
 (18 \times \text{Ar C}) + (34 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (18 \times 12 \text{ gr/mol}) + (34 \times 1 \text{ gr/mol}) \\
 &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\
 &= 216 \text{ gr/mol} + 34 \text{ gr/mol} + 32 \\
 &\text{gr/mol} \\
 &= 282 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar} &= 282 \text{ gr/mol} \times \frac{6,50}{100} \\
 &= 18,33 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

11) Mr Asam lonolenat (C₁₇H₃₁COOH)

$$\begin{aligned}
 (18 \times \text{Ar C}) + (32 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}) &= (18 \times 12 \text{ gr/mol}) + (32 \times 1 \text{ gr/mol}) \\
 &+ (2 \times 16 \text{ gr/mol}) \\
 &= 216 \text{ gr/mol} + 32 \text{ gr/mol} + 32 \\
 &\text{gr/mol} \\
 &= 280 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar} &= 280 \text{ gr/mol} \times \frac{2,70}{100} \\ &= 7,56 \text{ gr/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mr minyak kelapa kopra} &= \text{Mr total asam lemak} \\ &= 211,4708 \text{ gr/mol}\end{aligned}$$

b. Penentuan bobot untuk reaksi transesterifikasi

1) Minyak

$$\begin{aligned}n &= \frac{gr}{mr} \\ 1 \text{ mol} &= \frac{gr}{211,4708 \text{ gr/mol}} \\ gr &= 211,470 \text{ gram}\end{aligned}$$

2) Metanol

$$\begin{aligned}n &= \frac{gr}{mr} \\ 6 \text{ mol} &= \frac{gr}{32 \text{ gr/mol}} \\ gr &= 192 \text{ gram}\end{aligned}$$

3) KOH 1%

$$\begin{aligned}\text{bobot} &= \frac{1}{100} \times \text{bobot minyak} \\ &= \frac{1}{100} \times 211,470 \text{ gr} \\ &= 2,1147 \text{ gram}\end{aligned}$$

2. Modifikasi Biodiesel

a. Biodiesel

$$\begin{aligned}n &= \frac{gr}{mr} \\ 0,1 \text{ mol} &= \frac{gr}{211,4708 \text{ gr/mol}} \\ gr &= 21,147 \text{ gram}\end{aligned}$$

b. KMnO_4 1) KMnO_4 2 %

$$\begin{aligned} m &= \% \times \text{Berat Biodiesel} \\ &= \frac{2}{100} \times 21,1470 \text{ gram} \\ &= 0,422 \text{ gram} \end{aligned}$$

2) KMnO_4 3 %

$$\begin{aligned} m &= \% \times \text{Berat Biodiesel} \\ &= \frac{3}{100} \times 21,1470 \text{ gram} \\ &= 0,6344 \text{ gram} \end{aligned}$$

3) KMnO_4 4 %

$$\begin{aligned} m &= \% \times \text{Berat Biodiesel} \\ &= \frac{4}{100} \times 21,1470 \text{ gram} \\ &= 0,8458 \text{ gram} \end{aligned}$$

4) KMnO_4 5 %

$$\begin{aligned} m &= \% \times \text{Berat Biodiesel} \\ &= \frac{5}{100} \times 21,1470 \text{ gram} \\ &= 1,0573 \text{ gram} \end{aligned}$$

5) KMnO_4 6 %

$$m = \% \times \text{Berat Biodiesel}$$

$$= \frac{6}{100} \times 21,1470 \text{ gram}$$

$$= 1,2688 \text{ gram}$$

3. Penentuan Rendamen Biodiesel Hasil Modifikasi

Contoh untuk rendamen hasil modifikasi dengan KMnO_4 2 %

$$\begin{aligned} \% \text{ Biodiesel} &= \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot sampel}} \times 100 \% \\ &= \frac{17,1104 \text{ gr}}{21,1470 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 80,91 \% \end{aligned}$$

4. Penentuan Densitas

a. Biodiesel sebelum dimodifikasi

$$\text{Bobot piknometer kosong (a)} = 11,0097 \text{ gr}$$

$$\text{Bobot piknometer + aquadest (b)} = 21,1357 \text{ gr}$$

$$\text{Bobot aquadest (b-a)} = 10,1260 \text{ gr}$$

$$\text{Bobot piknometer kosong (a)} = 11,0081 \text{ gr}$$

$$\text{Bobot piknometer + biodiesel (c)} = 19,8286 \text{ gr}$$

$$\text{Bobot biodiesel (c-a)} = 8,8205 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} Sg^t &= \frac{c-a}{b-a} = \frac{8,8205 \text{ gr}}{10,1260 \text{ gr}} \\ &= 0,8710 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_4^t &= Sg^t \times d_{aq}^t \\ &= 0,8710 \times 0,997044 \text{ gr/cm}^2 \\ &= 0,8685 \text{ gr/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Biodiesel setelah dimodifikasi

Contoh densitas hasil modifikasi dengan KMnO_4 2 %

Bobot piknometer kosong (a) = 11,0087 gr

Bobot piknometer + aquadest (b) = 23,1318 gr

Bobot aquadest (b-a) = 10,1231 gr

Bobot piknometer kosong (a) = 11,0087 gr

Bobot piknometer + biodiesel (c) = 19,8314 gr

Bobot biodiesel (c-a) = 8,8227 gr

$$S_g^t = \frac{c-a}{b-a} = \frac{8,8227 \text{ gr}}{10,1231 \text{ gr}}$$

$$= 0,8715$$

$$d_4^t = S_g^t \times d_{aq}^t$$

$$= 0,8715 \times 0,997044 \text{ gr/cm}^2$$

$$= 0,8689 \text{ gr/cm}^2$$

5. Penentuan Viskositas

Rumus:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1 \cdot t_1}{\rho_2 \cdot t_2}$$

$$\frac{\mu \text{ aquades}}{\mu \text{ biodiesel}} = \frac{\rho \text{ aquades} \times t \text{ aquades}}{\rho \text{ biodiesel} \times t \text{ biodiesel}}$$

$$\mu \text{ biodiesel} = \frac{\mu \text{ aquades} \times \rho \text{ biodiesel} \times t \text{ biodiesel}}{\rho \text{ aquades} \times t \text{ aquades}}$$

a. Biodiesel sebelum dimodifikasi

Diketahui: t aquades = 0,84 sekon

t biodiesel = 2,79 sekon

$\rho \text{ aquades} = 0,988 \text{ gr/cm}^2$

$\rho \text{ biodiesel} = 0,8685 \text{ gr/cm}^2$

$$\mu \text{ biodiesel} = \frac{1,009 \text{ P} \times 0,8685 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2} \times 2,79 \text{ s}}{0,998 \text{ gr/cm}^2 \times 0,84 \text{ s}}$$

$$= 2,9174 \text{ P}$$

b. Biodiesel sesudah dimodifikasi

Contoh viskositas hasil modifikasi dengan KMnO_4 2 %

Diketahui: $t \text{ aquades} = 0,84 \text{ sekon}$

$t \text{ biodiesel} = 2,77 \text{ sekon}$

$\rho \text{ aquades} = 0,988 \text{ gr/cm}^2$

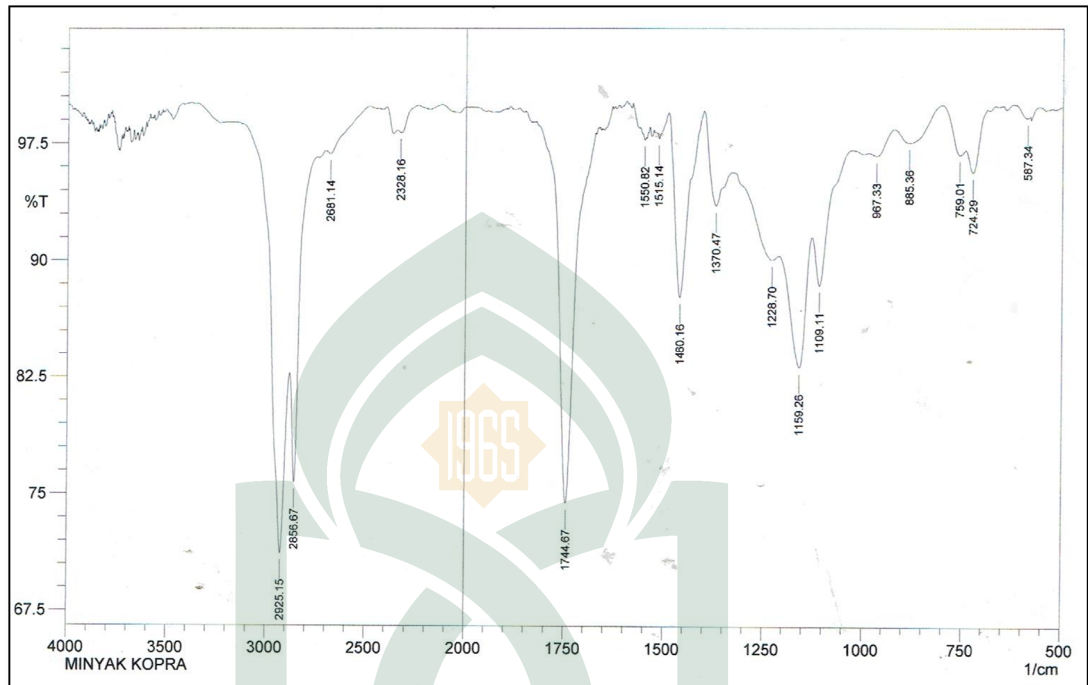
$\rho \text{ biodiesel} = 0,8689 \text{ gr/cm}^2$

$$\mu \text{ biodiesel} = \frac{1,009 \text{ P} \times 0,8689 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2} \times 2,77 \text{ s}}{0,998 \text{ gr/cm}^2 \times 0,84 \text{ s}}$$

$$= 2,8968 \text{ P}$$

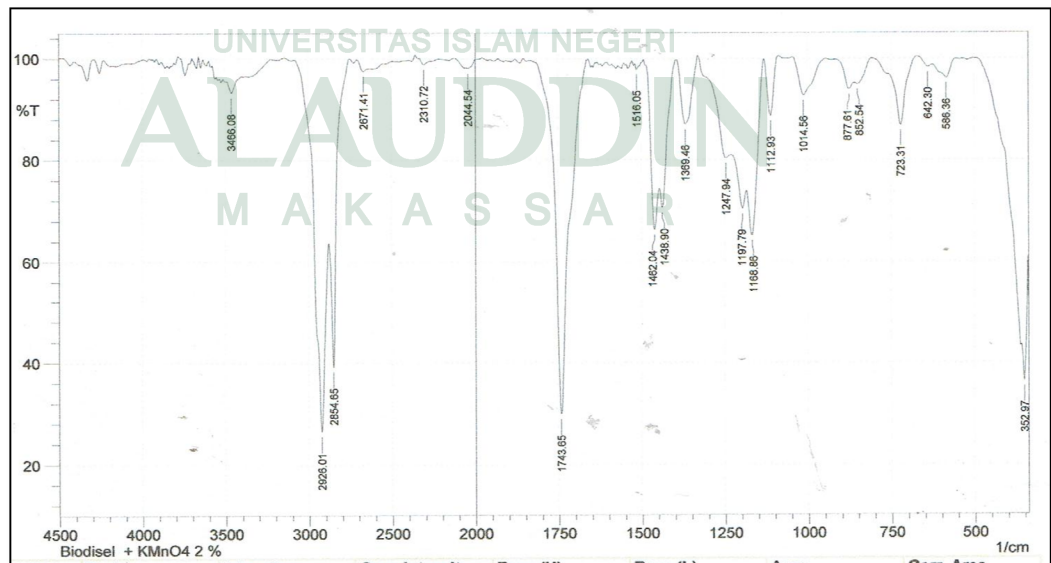
Lampiran 5: Gambar Spektrum IR Minyak Kopra dan Biodiesel Hasil Modifikasi

1. Spektrum IR Minyak Kopra

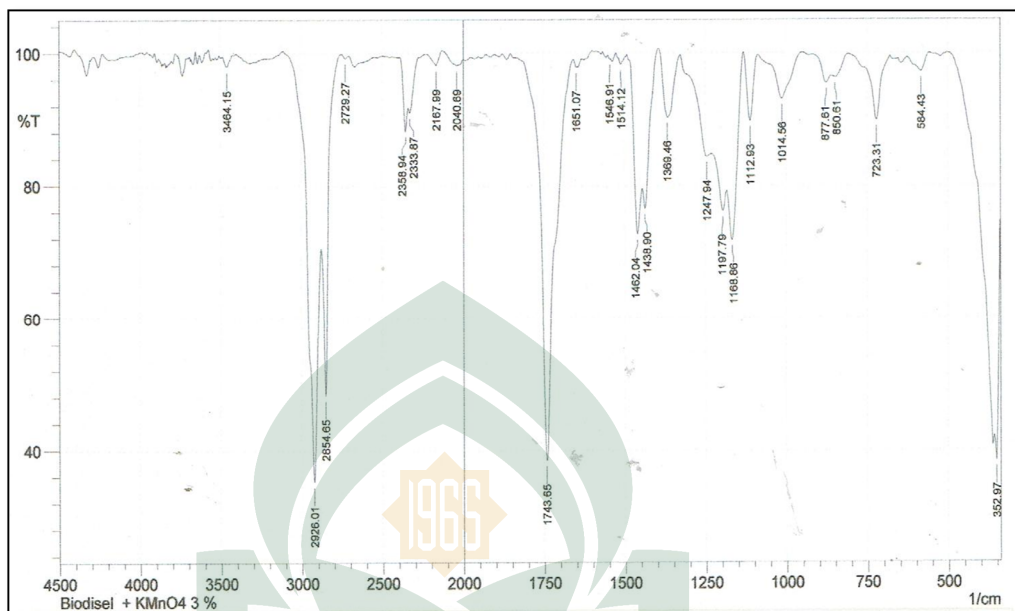


2. Spektrum IR Biodiesel

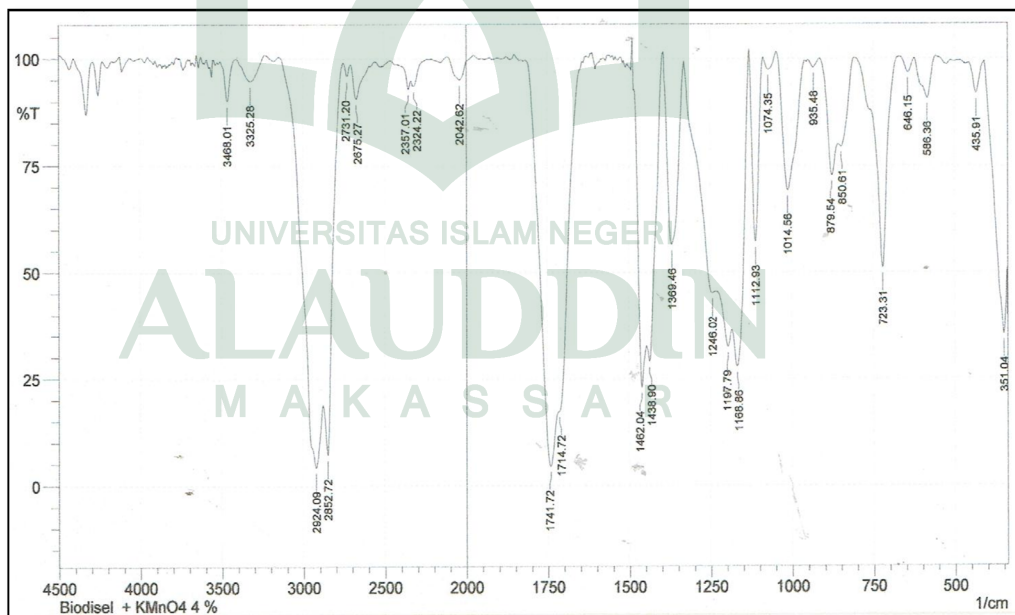
a. Spektrum IR Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 2 %



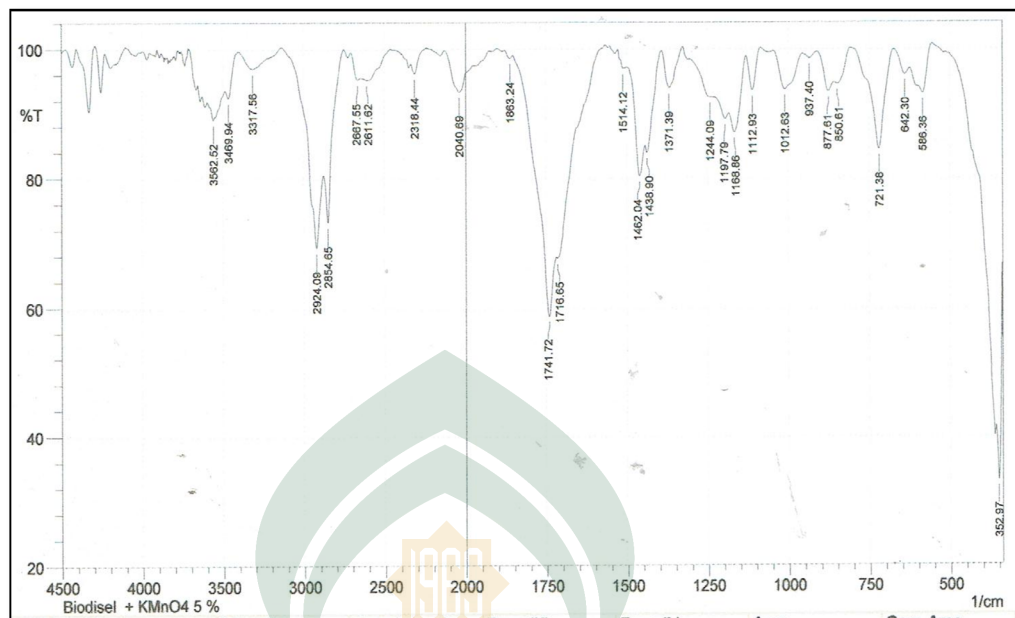
b. Spektrum IR Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 3 %



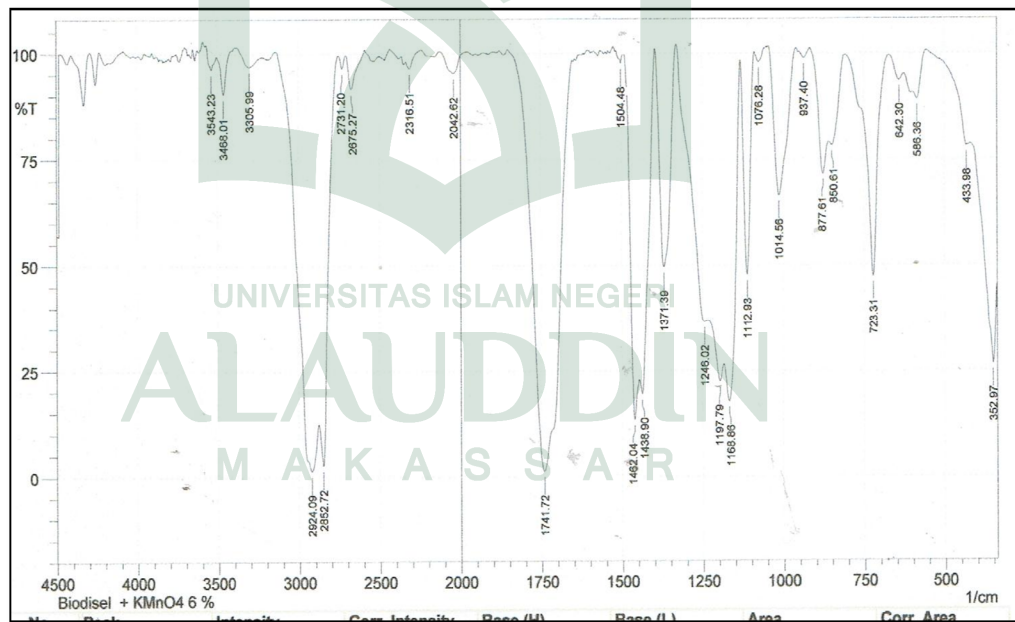
c. Spektrum IR Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 4 %



d. Spektrum FTIR Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO_4 5 %

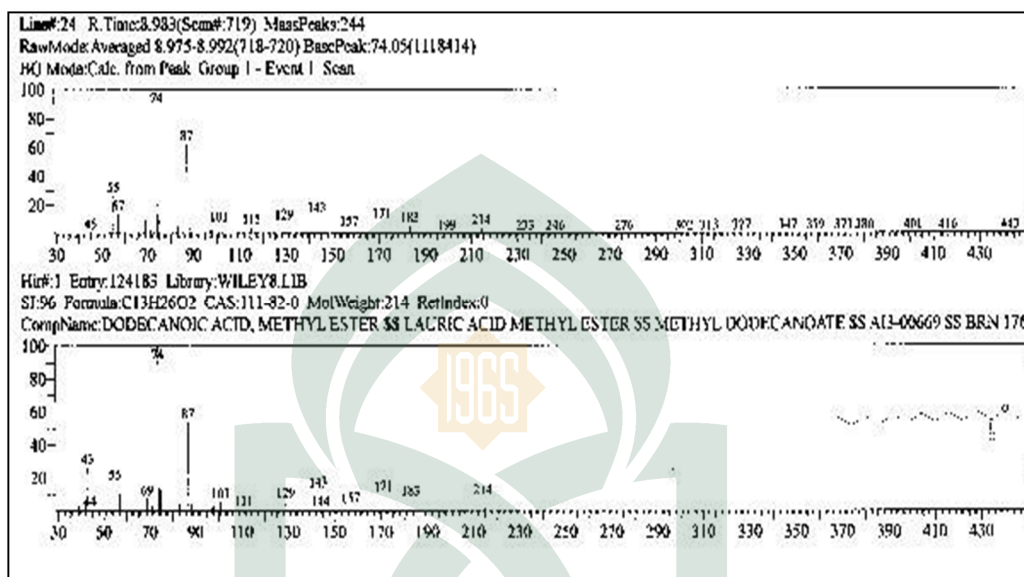


e. Spektrum FTIR Biodiesel Hasil Modifikasi dengan KMnO₄ 6 %

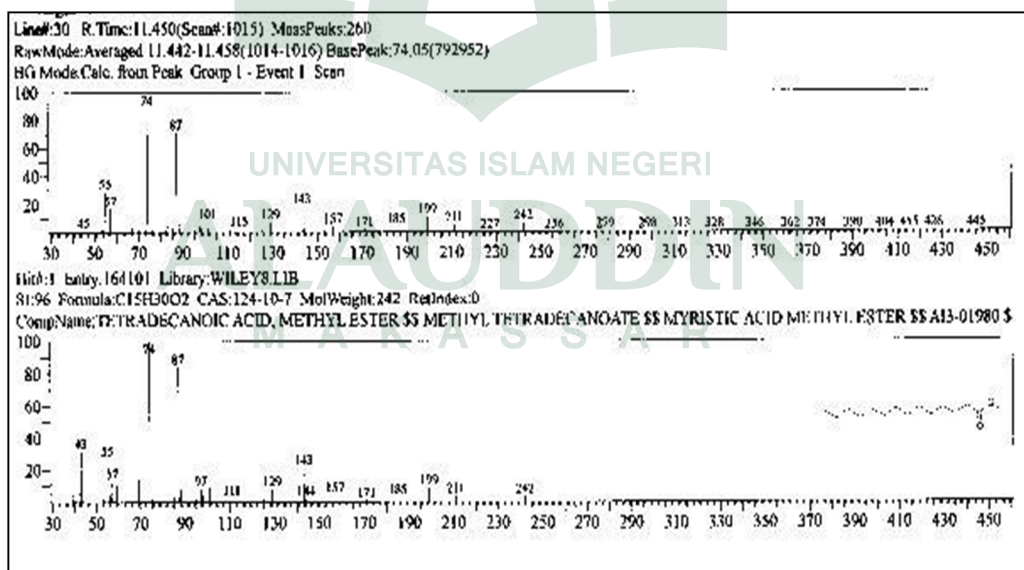


Lampiran 6: Gambar Spektrum Massa Tiap Komponen Minyak Kopra dan Biodiesel Hasil Modifikasi

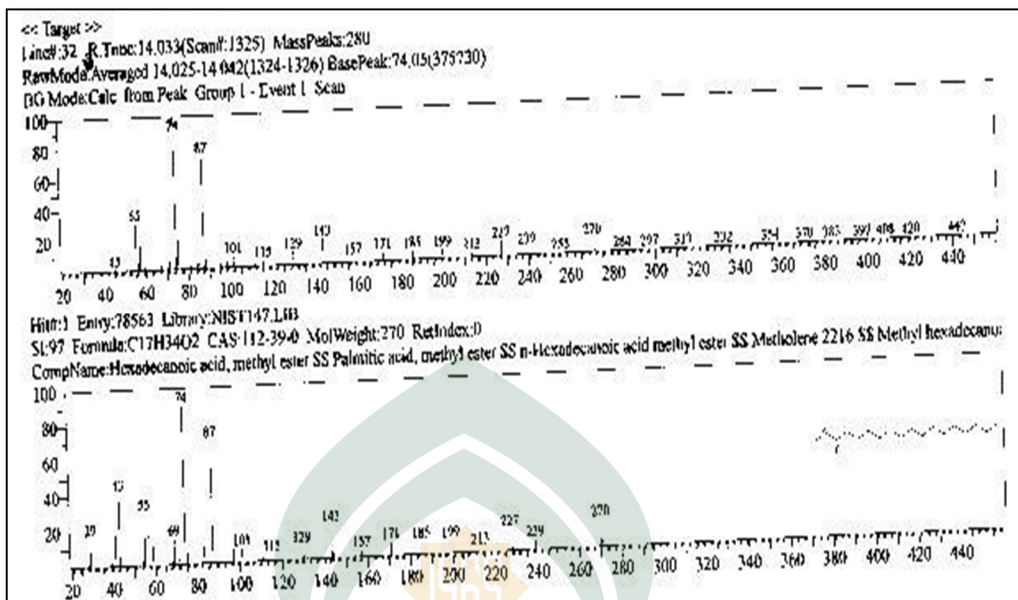
1. Gambar Spektrum Massa Tiap Komponen Minyak



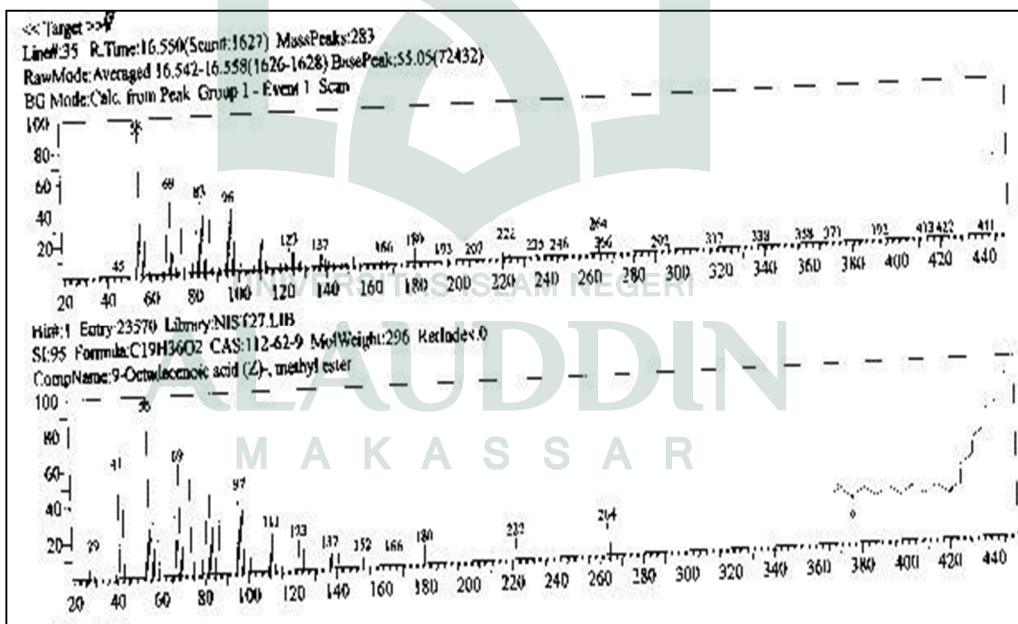
Gambar Spektrum Massa Asam Laurat



Gambar Spektrum Massa Asam Miristat

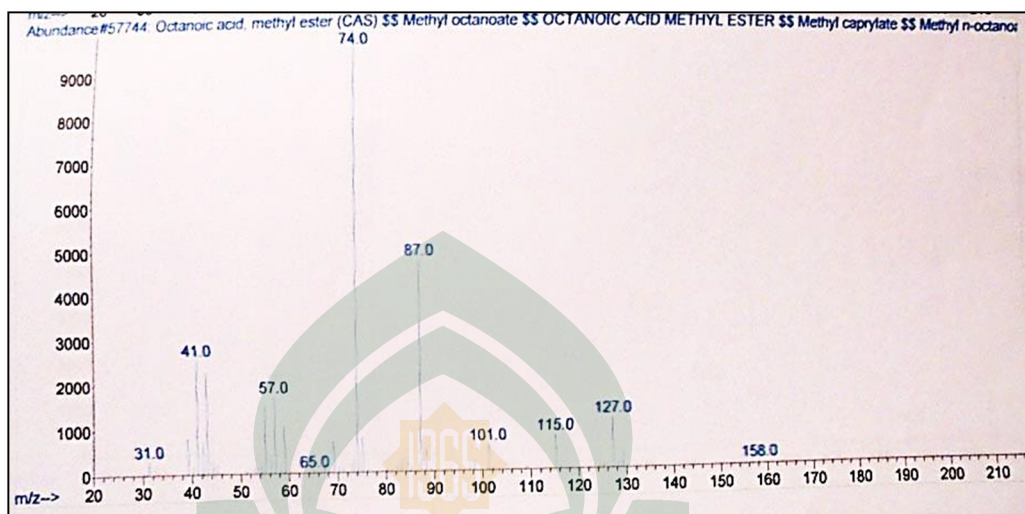


Gambar Spektrum Massa Asam Palmitat

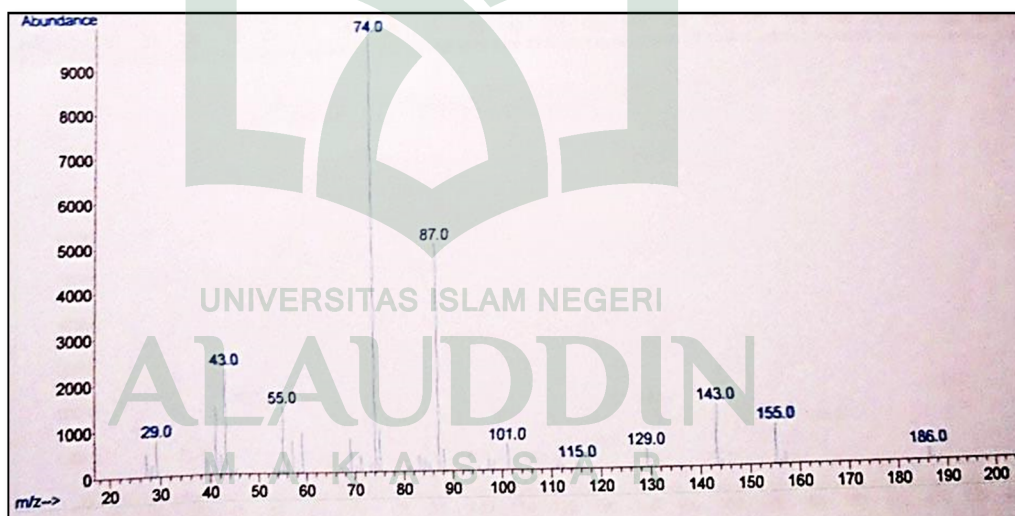


Gambar Spektrum Massa Asam Oleat

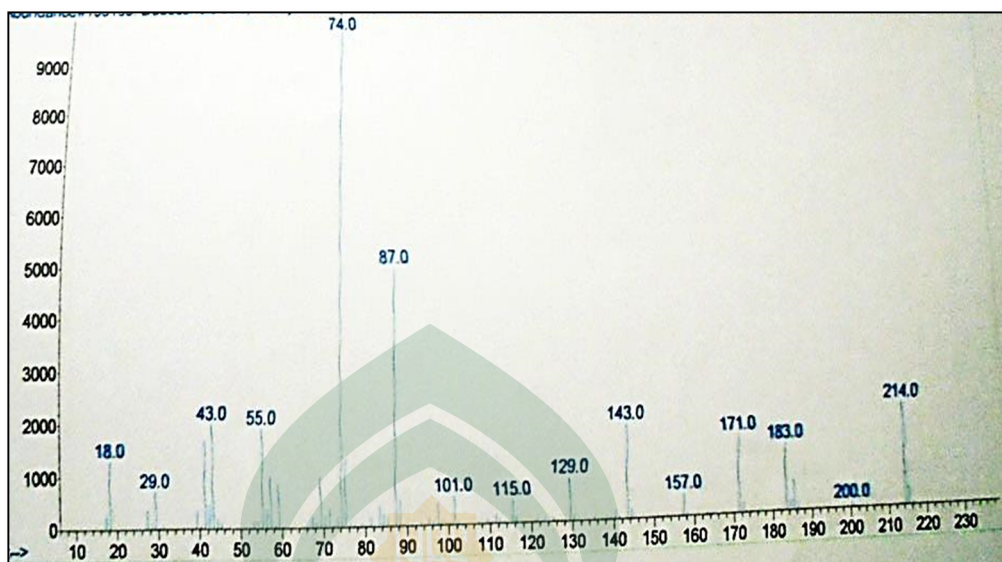
2. Gambar Spektrum Massa Tiap Komponen Biodiesel Hasil Modifikasi



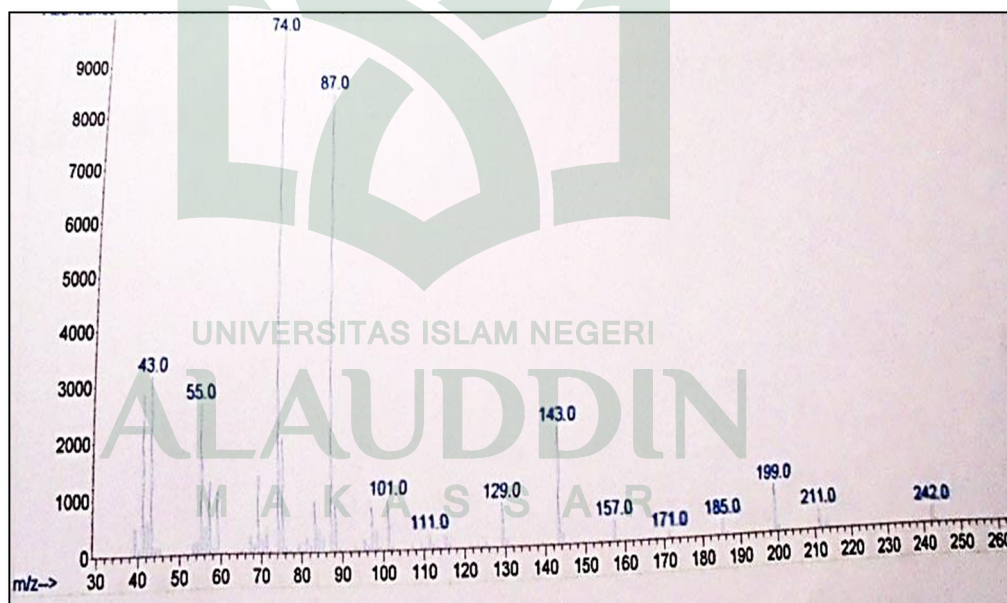
Gambar Spektrum Massa Asam Oktanoat



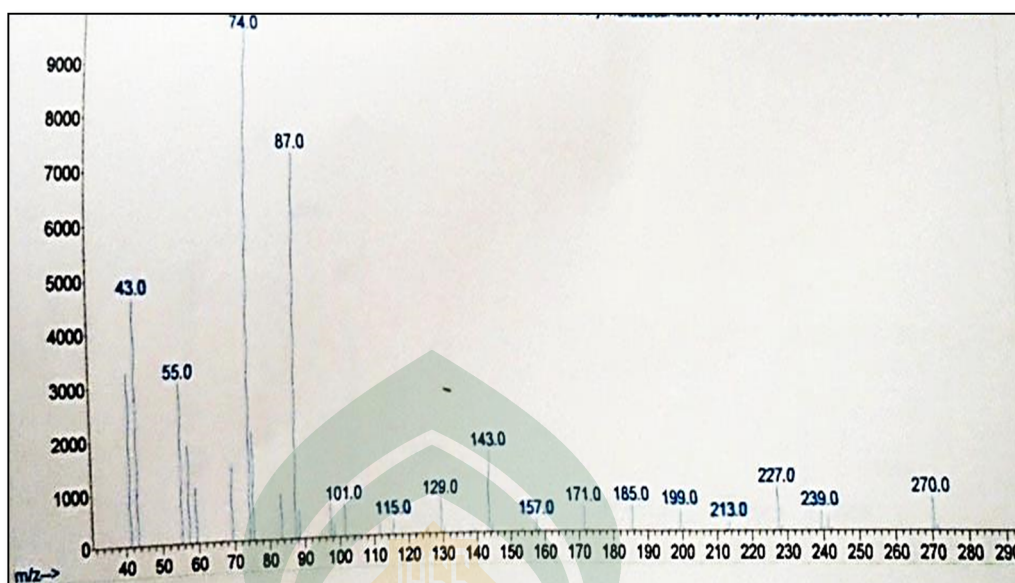
Gambar Spektrum Massa Asam Dekanoat



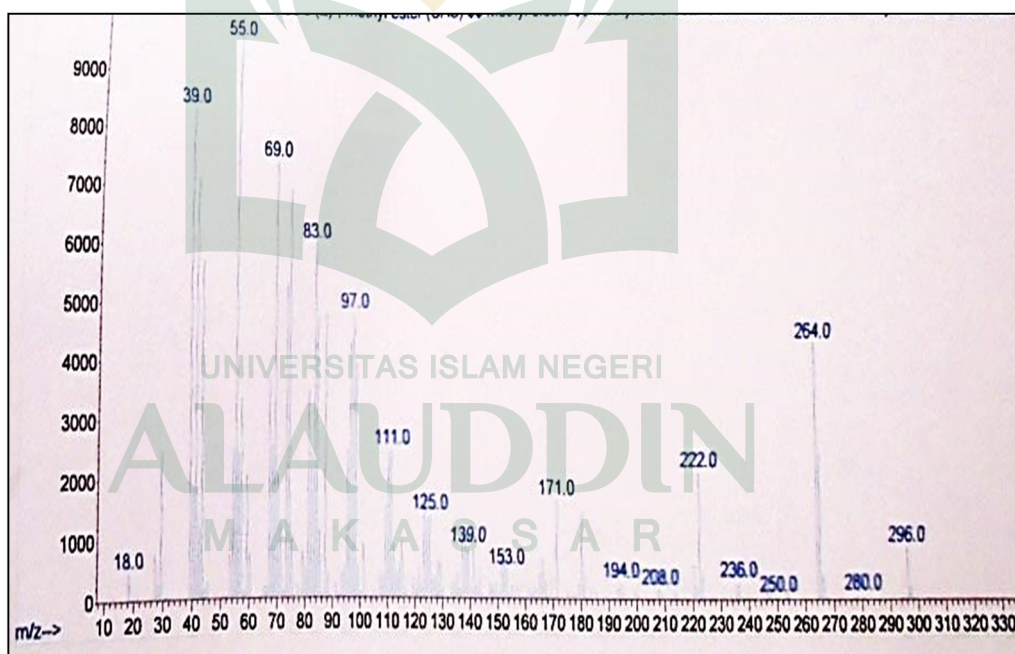
Gambar Spektrum Massa Asam Laurat



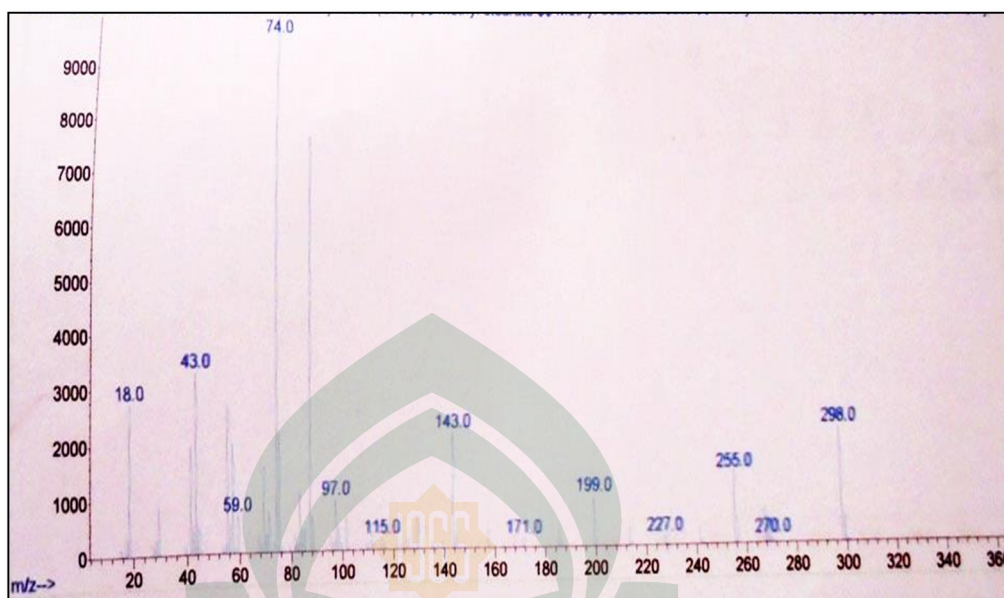
Gambar Spektrum Massa Asam Miristat



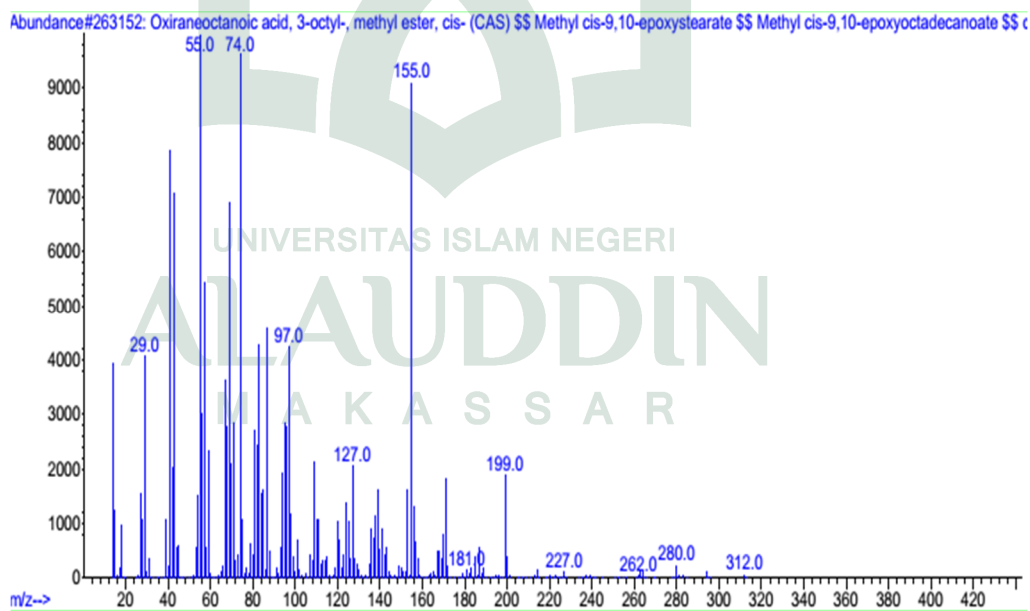
Gambar Spektrum Massa Asam Palmitat



Gambar Spektrum Massa Asam Oleat



Gambar Spektrum Massa Asam Stearat



Gambar Spektrum Massa 9,10-epoxystearat